

Regeling van de Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening van [PM, nr. PM] houdende wijziging van de Omgevingsregeling in verband met diverse technische wijzigingen (Verzamelwijziging Omgevingsregeling 2023)

De Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening,

Gelet op de artikelen 2,20, derde lid, 2.21, 2.21a, eerste lid, 2.24, tweede lid, 2.25 eerste lid, onderdeel a, onder °13, 4.1, tweede lid, 4.3, vierde lid, 4.20, 5.2, derde lid, 5.43, tweede lid, 8.1, vijfde lid, 13.1, zesde lid, 16.55, tweede lid, 20.3, eerste lid en tweede lid, onderdeel a, 20.3, derde lid onderdeel a, 20.6, derde lid onderdeel b, 20.16, derde lid, 20.21, tweede en vierde lid, 20.28, derde lid en 23.6b van de wet en de artikelen 3.74, vierde en vijfde lid, 3.75, vijfde lid, 3.83, derde lid, 6.37, vierde lid, 8.70g, derde lid, 11.25, vijfde lid en 11.26, vierde lid van het Besluit Kwaliteit leefomgeving en artikel 104 van het Besluit activiteiten leefomgeving;

Besluit:

Artikel I

De Omgevingsregeling wordt als volgt gewijzigd:

Artikel II

Deze regeling treedt in werking op een bij ministerieel besluit te bepalen tijdstip.

Deze regeling zal met de toelichting in de Staatscourant worden geplaatst.

De minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening,

Hugo de Jonge

Artikel 3.3 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 3.3 (bepalen: geluid in geluidgevoelige ruimten)

1. Het geluid in geluidgevoelige ruimten wordt bepaald door het geluid op de gevel te verminderen met de karakteristieke geluidwering van de uitwendige scheidingsconstructie, bepaald volgens NEN 5077 of NEN-EN-ISO 12354-3.
2. Bij de toepassing van NEN 5077 geldt dat in afwijking van tabel ~~63~~ de standen van de ventilatieopeningen en van de mechanische ventilatie alle 'open' respectievelijk 'aan' zijn.

Het opschrift van afdeling 3.2 wordt als volgt gewijzigd:

AFDELING 3.2 FAUNABEHEERENHEID WAARVAN [MINISTER VOOR NATUUR EN STIKSTOF](#) ~~LNV~~
BEVOEGD GEZAG IS

Artikel 3.30 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 3.30 (faunabeheereenheid waarvoor [Minister voor Natuur en Stikstof](#) ~~Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit~~ bevoegd gezag is)

1. De faunabeheereenheid met het werkgebied bestaande uit de terreinen, bedoeld in artikel 6.4 van het Omgevingsbesluit, heeft de rechtsvorm van een stichting. De leden van het bestuur van de stichting worden benoemd en ontslagen door de gerechtigde, bedoeld in artikel 6.4 van dat besluit.
2. Het faunabeheerplan dat door de faunabeheereenheid, bedoeld in het eerste lid, is vastgesteld bevat ten minste de volgende gegevens:
 - a. de omvang van het werkgebied van de faunabeheereenheid;
 - b. een kaart waarop de begrenzing van het werkgebied van de faunabeheereenheid is aangegeven;
 - c. kwantitatieve gegevens over de populatie van de diersoorten waarvoor een duurzaam beheer of bestrijding noodzakelijk wordt geacht, met inbegrip van gegevens over de aanwezigheid van de populaties in het betrokken gebied gedurende het jaar;
 - d. een onderbouwing van de noodzaak van een duurzaam beheer of bestrijding van de diersoorten, bedoeld onder c, waaronder een onderbouwde verwachting van de belangen die zouden worden geschaad, wanneer niet tot beheer of bestrijding zou worden overgegaan;
 - e. een beschrijving van de mate waarin de belangen, bedoeld onder d, zijn geschaad in de vijf jaar voorafgaand aan het tijdstip van de aanvraag om goedkeuring van het faunabeheerplan;
 - f. de gewenste stand van de diersoorten, bedoeld onder c;
 - g. per diersoort een beschrijving van de aard, omvang en noodzaak van de maatregelen die zullen worden getroffen om de gewenste stand, bedoeld onder f, te bereiken;
 - h. per diersoort en gewas een beschrijving van de maatregelen die in de periode, bedoeld onder e, zijn getroffen om het schaden van de belangen, bedoeld onder d, te voorkomen,

en voor zover daarover redelijkerwijs kwantitatieve gegevens beschikbaar zijn: een beschrijving van de effectiviteit van die maatregelen;

i. voor zover het plan betrekking heeft op het beheer van edelherten, damherten, reeën of wilde zwijnen: een beschrijving van het voedselaanbod, de relatie tussen dit voedselaanbod en de grootte van de populatie van de betrokken dieren en de mogelijkheden van uitwisseling met aangrenzende terreinen;

j. een beschrijving van de plaatsen in het werkgebied van de faunabeheereenheid waar en de perioden in het jaar waarin de maatregelen, bedoeld onder g, zullen worden getroffen;

k. voor zover daarover kwantitatieve gegevens beschikbaar zijn: een onderbouwde inschatting van de verwachte effectiviteit van de onder g bedoelde maatregelen; en

l. een beschrijving van de wijze waarop de effectiviteit van de voorgenomen maatregelen zal worden bepaald.

3. Het faunabeheerplan heeft een geldigheidsduur van ten hoogste vijf jaar.

4. De jachthouder van de terreinen, bedoeld in artikel 6.4 van het Omgevingsbesluit, is uitgezonderd van de aansluitplicht, bedoeld in artikel 8.2, eerste lid, van de Omgevingswet.

Artikel 3.44 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 3.44 (aanwijzing certificatie-instellingen)

1. Een aanvraag tot aanwijzing als certificatie-instelling wordt ingediend met een door de [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ vastgesteld formulier.

2. Bij de aanvraag worden ten minste de volgende gegevens en bescheiden verstrekt:

a. de vestigingsplaats van de aanvrager;

b. het nummer waarmee de certificatie-instelling is geregistreerd bij de Kamer van Koophandel; en

c. het certificatieschema waarop de aanvraag betrekking heeft en het bewijs van accreditatie voor dat schema.

3. In plaats van het bewijs van accreditatie, bedoeld in het tweede lid, onder c, kan, in het geval de aanvrager nog niet geaccrediteerd is, tot 1 januari 2023 een bewijs van de nationale accreditatie instantie, bedoeld in artikel 2, eerste lid, van de Wet aanwijzing nationale accreditatie instantie, worden verstrekt dat de aanvraag voor het verkrijgen van accreditatie voor dat schema volledig is en door de nationale accreditatie instantie in behandeling is genomen.

4. Een aanwijzing als certificatie-instelling heeft betrekking op de werkzaamheden die zijn opgenomen in het certificatieschema waarvoor de certificatie-instelling is geaccrediteerd.

Artikel 3.48 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 3.48 (aanwijzing certificatieschema's)

1. Een aanvraag tot aanwijzing van een certificatieschema als bedoeld in artikel 3.7337, eerste lid, van het Besluit kwaliteit leefomgeving wordt ingediend met een door de [Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties](#) [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) vastgesteld formulier.
2. Bij de aanvraag worden ten minste de volgende gegevens en bescheiden verstrekt:
 - a. de vestigingsplaats van de aanvrager;
 - b. het nummer waarmee de aanvrager is geregistreerd bij de Kamer van Koophandel; en
 - c. het certificatieschema waarop de aanvraag betrekking heeft.

Artikel 3.49 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 3.49 (verslaglegging)

1. De certificatie-instelling zendt jaarlijks voor 1 maart het verslag, bedoeld in artikel 10.14b, vierde lid, van het Besluit kwaliteit leefomgeving, aan de [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~.
2. In het verslag worden in ieder geval de volgende onderwerpen behandeld:
 - a. een overzicht van de controles die de certificatie-instelling heeft uitgevoerd, inclusief de resultaten van elke controle;
 - b. de door de instelling afgegeven, ingetrokken en geschorste certificaten;
 - c. wijzigingen in de voor de instelling relevante accreditaties, reglementen en procedures;
 - d. knelpunten die zich in de uitvoeringspraktijk hebben voorgedaan;
 - e. de hoeveelheid en aard van de door de certificatie-instelling ontvangen klachten en de wijze van afhandeling daarvan; en
 - f. ingediende bezwaren op beslissingen van de certificatie-instelling over al dan niet verleende certificaten en de ingestelde beroepen tegen de beslissingen op bezwaar, alsmede de wijze van afhandeling daarvan.
3. Over iedere melding als bedoeld in artikel 6.46 van het Besluit bouwwerken leefomgeving wordt in het verslag ten minste de volgende informatie verstrekt:
 - a. de gemeten concentratie koolmonoxide; en
 - b. een beschrijving van de ruimte waarin de concentratie is gemeten.

Artikel 3.50 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 3.50 (register certificering gasverbrandingstoestellen)

1. In het register, bedoeld in artikel 10.14a, eerste lid, van het Besluit kwaliteit leefomgeving worden de volgende gegevens over certificaathouders opgenomen:

- a. het nummer waarmee de certificaathouder geregistreerd is bij de Kamer van Koophandel;
- b. een beschrijving van de werkzaamheden die door de certificaathouder mogen worden uitgevoerd;
- c. het schema waarvoor het certificaat is verleend; en
- d. de datum waarop een certificaat is verleend, geschorst of ingetrokken, de geldigheidsduur van het certificaat en, in het geval van schorsing, de termijn van de schorsing.

2. De certificatie-instelling verstrekt de gegevens aan de [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~.

Artikel 3.51 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 3.51 (opleiding, kennis en ervaring kwaliteitsborger)

1. De in een instrument voor kwaliteitsborging beschreven eisen over de opleiding en ervaring, bedoeld in artikel 3.83 van het Besluit kwaliteit leefomgeving, omvatten voor de kwaliteitsborging van bouwactiviteiten onder gevolgklasse 1 ten minste:
 - a. voor werkzaamheden in het kader van risicobeoordelingen, vaststellen van borgingsplannen en de algemene coördinatie bij kwaliteitsborging:
 - 1o. een diploma op HBO-niveau;
 - 2o. kennis van de inhoud en systematiek van het Besluit bouwwerken leefomgeving; en
 - 3o. drie jaar werkervaring als leidinggevende met:
 - i het coördineren en organiseren van bouwprojecten;
 - ii het uitvoeren van risicobeoordelingen van bouwplannen;
 - iii het vaststellen van borgingsplannen; en
 - iv het controleren en beoordelen van bouwplannen aan de algemene bepalingen voor bouwwerken en de regels voor bruikbaarheid van het [Bouwbesluit 2012 of](#) Besluit bouwwerken leefomgeving;
 - b. voor werkzaamheden in het kader van constructieve veiligheid:
 - 1o. een diploma op HBO-niveau;
 - 2o. kennis van het Besluit bouwwerken leefomgeving met betrekking tot de regels voor constructieve veiligheid; en
 - 3o. drie jaar werkervaring met het controleren en beoordelen van:
 - i constructies op het voldoen aan de regels voor constructieve veiligheid van het [Bouwbesluit 2012 of](#) Besluit bouwwerken leefomgeving;
 - ii constructietekeningen en -berekeningen, inclusief de schematisering en de toegepaste rekenmethoden; en
 - iii constructieve bouwmaterialen;
 - c. voor werkzaamheden in het kader van brandveiligheid:
 - 1o. een diploma op HBO-niveau;
 - 2o. kennis van het Besluit bouwwerken leefomgeving met betrekking tot de regels voor brandveiligheid; en
 - 3o. vijf jaar werkervaring met het controleren en beoordelen van bouwplannen op het voldoen aan de regels voor brandveiligheid van het [Bouwbesluit 2012 of](#) Besluit bouwwerken leefomgeving;
 - d. voor werkzaamheden in het kader van bouwfysica:
 - 1o. Een diploma op MBO4-niveau;
 - 2o. Kennis van het Besluit bouwwerken leefomgeving over de regels voor gezondheid, energiezuinigheid en milieu; en
 - 3o. Drie jaar werkervaring met het controleren en beoordelen van:
 - i bouwplannen op het voldoen aan de regels voor gezondheid van het [Bouwbesluit 2012 of](#) Besluit bouwwerken leefomgeving;

- ii bouwplannen op het voldoen aan de regels voor energiezuinigheid en milieu van het Bouwbesluit 2012 of Besluit bouwwerken leefomgeving; en
- iii gelijkwaardige oplossingen in het kader van gezondheid, energiezuinigheid en milieu;
- e. voor werkzaamheden in het kader van installaties:
 - 1o. Een diploma op MBO4-niveau;
 - 2o. Kennis van het Besluit bouwwerken leefomgeving over de regels voor installaties; en
 - 3o. Drie jaar werkervaring met het controleren en beoordelen van:
 - i installaties op het voldoen aan de regels van het Bouwbesluit 2012; en
 - ii gelijkwaardige oplossingen in het kader van installaties; en
- f. voor werkzaamheden in het kader van controle op de bouw:
 - 1o. een diploma op MBO4-niveau;
 - 2o. kennis van het Besluit bouwwerken leefomgeving; en
 - 3o. drie jaar werkervaring met het tijdens de uitvoering controleren en beoordelen van bouwplannen op het voldoen aan de regels van het Bouwbesluit 2012 of Besluit bouwwerken leefomgeving.
- 2. Aan de in het eerste lid beschreven eisen is ook voldaan als door ervaring een aantoonbaar gelijkwaardig kennisniveau is verkregen.
- 3. Het instrument voor kwaliteitsborging schrijft voor dat uitvoerenden van werkzaamheden in het kader van kwaliteitsborging:
 - a. beschikken over actuele kennis van het Besluit bouwwerken leefomgeving; en
 - b. ten minste iedere twee jaar bijscholen op de deelgebieden, bedoeld in het eerste lid.

Artikel 4.31 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 4.31 (vergunningvrije gevallen bestendig beheer, onderhoud en gebruik en ter uitvoering van ruimtelijke ontwikkeling en inrichting waarvoor ~~de~~ Minister voor Natuur en Stikstof ~~LV~~ bevoegd gezag is)

Het verbod, bedoeld in artikel 5.1, tweede lid, aanhef en onder g, van de wet in samenhang met artikel 11.54, eerste lid, van het Besluit activiteiten leefomgeving, om zonder omgevingsvergunning in het wild levende zoogdieren, amfibieën, reptielen, vissen, dagvlinders, libellen en kevers van de soorten, genoemd in bijlage IX, onder A, bij dat besluit, opzettelijk te doden of te vangen, om de vaste voortplantingsplaatsen of rustplaatsen opzettelijk te beschadigen of te vernielen en om de vaatplanten van de soorten, genoemd in bijlage IX, onder B, bij dat besluit, opzettelijk in hun natuurlijke verspreidingsgebied te plukken en te verzamelen, af te snijden, te ontwortelen of te vernielen geldt niet als:

- a. de ~~Minister voor Natuur en Stikstof~~ ~~Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit~~ bevoegd gezag is op grond van artikel 4.12 Omgevingsbesluit;
- b. het gaat om dieren en planten van de soorten aangewezen in bijlage VIIc; en
- c. het gaat om handelingen in het kader van:
 - 1°. bestendig beheer of onderhoud van vaarwegen, watergangen, waterkeringen, waterstaatswerken, oevers, vliegvelden, wegen, spoorwegen of bermen, of in het kader van natuurbeheer;
 - 2°. bestendig beheer of onderhoud in de landbouw en de bosbouw;
 - 3°. bestendig gebruik; of
 - 4°. de ruimtelijke ontwikkeling of inrichting van gebieden, daaronder begrepen het daarop volgende gebruik van het ingerichte of ontwikkelde gebied.

Artikel 4.34 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 4.34 (aangewezen organisaties en verplichtingen administratie pootringen gefokte vogels)

1. Als organisaties als bedoeld in artikel 11.104, derde lid, onder a, van het Besluit activiteiten leefomgeving die zijn belast met de afgifte van gesloten pootringen worden aangewezen:

- a. Kleindier Liefhebbers Nederland, gevestigd te Utrecht;
- b. Nederlandse Bond voor Vogelliefhebbers, gevestigd te Bergen op Zoom;
- c. Parkieten Sociëteit, gevestigd te Arnhem;
- d. Vereniging Aviornis International Nederland, gevestigd te Wijchen; en
- e. Vereniging Belangenbehartiging Europese Cultuurvogel, gevestigd te Eindhoven.

2. De organisaties, bedoeld in het eerste lid, houden een administratie bij met gebruikmaking van een door de [Minister voor Natuur en Stikstof](#) ~~Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit~~ beschikbaar gesteld automatiseringssysteem.

3. De administratie wordt bewaard gedurende een periode van ten minste vijf jaar en bevat per soort de volgende gegevens:

- a. de soorten vogels waarvoor gesloten pootringen zijn aangevraagd;
- b. als het gaat om gefokte vogels:

1°. het aantal verstrekte gesloten pootringen;

2°. de ringmaat; en

3°. de bijbehorende unieke nummers als bedoeld in artikel 4.35, tweede lid, onder b, en derde lid;

c. als het gaat om gefokte vogels behorende tot soorten die zijn opgenomen in bijlage A bij de cites-basisverordening:

1°. de gegevens onder b, onder 1° en 2°;

2°. de bijbehorende unieke nummers als bedoeld in artikel 4 van de cites-basisverordening; en

3°. het aantal ouderparen;

d. de datum van toekenning van de gesloten pootringen; en

e. de noodzakelijke gegevens ter identificatie van de personen aan wie de gesloten pootringen zijn verstrekt.

4. De organisaties, bedoeld in het eerste lid, verschaffen de [Minister](#) op verzoek, op een door de [Minister](#) te bepalen wijze, alle informatie over de afgifte van gesloten pootringen.

Artikel 4.36 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 4.36 (fytoosanitair certificaat)

Als plantensoorten waarvoor een fytosanitair certificaat als bedoeld in artikel 3.70, onder a, van het Besluit kwaliteit leefomgeving bij de [Minister voor Natuur en Stikstof](#) ~~Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit~~ kan worden aangevraagd, worden aangewezen:

- a. Apocynaceae: Pachypodium spp;
- b. Cactaceae: de soorten, genoemd in bijlage B bij de cites-basisverordening;
- c. Droseraceae: Dionaea muscipula;
- d. Euphorbiaceae: de succulente soorten, genoemd in bijlage B bij de cites-basisverordening;
- e. Liliaceae: de soorten Aloe, genoemd in bijlage B bij de cites-basisverordening;
- f. Nepenthaceae: de soorten Nepenthes, genoemd in bijlage B bij de cites-basisverordening;
- g. Orchidaceae: de soorten, genoemd in bijlage B bij de cites-basisverordening, de hybriden van de soorten Paphiopedilum; en
- h. Sarraceniaceae: de soorten, genoemd in bijlage B bij de cites-basisverordening.

Artikel 5.11 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 5.11 (vaststellen energielabel voor woningen en woongebouwen)

1. De energieprestatie van een woonfunctie, woongebouw of logiesfunctie niet gelegen in een logiesgebouw wordt opgenomen en geregistreerd door een energieadviseur werkzaam voor een NL-EPBD-certificaathouder volgens BRL 9500-W.
2. Het bij de bepaling van de energieprestatie gebruikte rekenprogramma is geattesteerd volgens BRL 9501.
3. Na registratie van de energieprestatie door de energieadviseur bij de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, wordt het energielabel voor die woonfunctie, dat woongebouw of die logiesfunctie niet gelegen in een logiesgebouw vastgesteld en afgegeven door de [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~.
4. Het primair fossiel energiegebruik van de woonfunctie, het woongebouw of die logiesfunctie niet gelegen in een logiesgebouw wordt met behulp van de als bijlage IX opgenomen tabel omgezet in een letter of lettercombinatie. Bij de berekening van het primair fossiel energiegebruik van een woonfunctie, woongebouw of logiesfunctie niet gelegen in een logiesgebouw wordt, indien energiemaatregelen op gebiedsniveau van toepassing zijn, gerekend met forfaitaire waarden voor deze maatregelen.

Artikel 5.12 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 5.12 (vaststellen energielabel voor utiliteitsgebouwen)

1. De energieprestatie van een gebruiksfunctie of gebouw, niet zijnde een woonfunctie, woongebouw of logiesfunctie niet gelegen in een logiesgebouw, wordt opgenomen en geregistreerd door een energieadviseur werkzaam voor een NL-EPBD-certificaathouder volgens BRL 9500-U.

2. Het bij de bepaling van de energieprestatie gebruikte rekenprogramma is geattesteerd volgens BRL 9501.

3. Na registratie van de energieprestatie door de energieadviseur bij de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, wordt het energielabel voor dat utiliteitsgebouw vastgesteld en afgegeven door de [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~.

4. Het primair fossiel energiegebruik van het utiliteitsgebouw wordt met behulp van de als bijlage X opgenomen tabel omgezet in een letter of lettercombinatie. Bij de berekening van het primair fossiel energiegebruik van het utiliteitsgebouw wordt, als energiemaatregelen op gebiedsniveau van toepassing zijn, gerekend met kwaliteitsverklaringen voor deze maatregelen.

Artikel 5.14 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 5.14 (registratie energielabel)

1. De [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ kan registreren:

- a. gegevens over voor welke gebouwen de energieprestatie is geregistreerd, waaronder adresgegevens, identificerend objectnummer van het pand of verblijfsobject als bedoeld in artikel 19 van de Wet basisregistratie adressen en gebouwen en de opleverstatus van het gebouw;
- b. kenmerken van de registratie van de energieprestatie bedoeld in artikel 5.4, eerste lid, waaronder de aanduiding van het soort opname van de energieprestatie, de opnamedatum van de energieprestatie en gegevens over de energieadviseur, de NL-EPBD-certificaathouder en de geattesteerde software;
- c. de registratiedatum van de energieprestatie bij de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland en het unieke registratienummer van het energielabel;
- d. de gegevens, bedoeld in artikel 5.13, op basis waarvan het energielabel is vastgesteld.

2. De ~~M~~[Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) beheert de registratie.

3. De registratie heeft tot doel het toezicht op de naleving en handhaving van de voorschriften op het gebied van energielabels te kunnen waarborgen en de verstrekking van de gegevens aan de instellingen en organisaties, bedoeld in het vijfde lid, mogelijk te maken voor zover de gegevens noodzakelijk zijn in verband met hun werkzaamheden als bedoeld in het vijfde lid.

4. De ~~m~~[Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) is verwerkingsverantwoordelijke voor de registratie.

5. De ~~M~~[Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) kan de gegevens, bedoeld in het eerste lid, verstrekken aan:

- a. certificatie-instellingen, voor zover de gegevens noodzakelijk zijn voor het uitvoeren van hun taak zoals omschreven in BRL 9500-W;
- b. het centraal bureau voor de statistiek, voor zover de gegevens noodzakelijk zijn voor het van overheidswege uitvoeren van statistisch onderzoek ten behoeve van praktijk, beleid en wetenschap; en

c. andere onderzoeksinstellingen en -organisaties, voor zover de gegevens gebruikt worden voor wetenschappelijke, statistische of historische doeleinden en de persoonlijke levenssfeer niet onevenredig geschaad wordt.

6. De gegevens in de registratie worden ten hoogste vijftien jaar bewaard, gerekend vanaf de opnamedatum van de energieprestatie voor een energielabel.

Artikel 5.18 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 5.18 (keuring airconditioningsystemen)

1. De keuring van een airconditioningsysteem of gecombineerd airconditioning- en ventilatiesysteem met een nominaal vermogen van meer dan 70 kW, wordt verricht door deskundigen met een diploma EPBD A-airconditioningsystemen en een diploma EPBD-B airconditioningsystemen.

2. De keuring wordt gedaan volgens de inspectiemethodiek zoals opgenomen in bijlage XI.

3. Het keuringsverslag van een in het eerste lid bedoelde keuring wordt opgesteld door een deskundige met het diploma EPBD B-airconditioningsystemen.

4. De deskundige:

a. registreert de datum van de keuring van het systeem in het bij het systeem behorende logboek;

b. verstrekt het keuringsverslag binnen vier weken na de keuring aan de opdrachtgever; en

c. meldt de keuring binnen vier weken nadat deze is verricht af bij een door de [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ aangewezen instantie.

5. De deskundige en de opdrachtgever bewaren het keuringsverslag ten minste vijf jaar.

Artikel 5.19 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 5.19 (exameninstelling airconditioningsysteemdeskundige)

1. De [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ wijst de instellingen aan die zijn belast met:

a. het afnemen van het examen airconditioningsysteemdeskundige;

b. het afnemen van het herexamen; en

c. het afnemen van het bijscholingsexamen.

2. Een exameninstelling voor airconditioningsysteemdeskundigen:

a. bezit rechtspersoonlijkheid;

b. heeft een vestiging in Nederland;

c. beschikt over voldoende deskundigheid om examens op te stellen en af te nemen;

d. beschikt over een kwaliteitssysteem dat op schrift is gesteld; en

e. beschikt over faciliteiten om examens af te nemen.

3. De ~~m~~Minister [voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) kan een adviescommissie instellen die adviseert over de beoordeling van de deskundigheid, bedoeld in het tweede lid, onder c.

4. De adviescommissie bestaat uit ten minste drie en ten hoogste zeven leden.

5. De ~~M~~Minister [voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) kan aan de aanwijzing voorschriften verbinden.

6. De ~~M~~Minister [voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) kan de aanwijzing intrekken als een exameninstelling niet voldoet aan de in het tweede lid bedoelde eisen of de aan de aanwijzing verbonden voorschriften.

Artikel 5.20 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 5.20 (examenreglement airconditioningsysteemdeskundige)

1. Een exameninstelling voor airconditioningsysteemdeskundige stelt een examenreglement en een huishoudelijk reglement vast.

2. Een exameninstelling treft doeltreffende maatregelen om fraude bij het examen te voorkomen.

3. Een exameninstelling verstrekt op verzoek aan de [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ alle inlichtingen die hij voor de uitoefening van zijn taak nodig heeft. De minister kan inzage vorderen van alle zakelijke gegevens en bescheiden die hij voor de vervulling van zijn taak nodig heeft.

4. Als een exameninstelling niet voldoet aan een of meer van haar verplichtingen, bericht zij dit onverwijld schriftelijk aan de minister.

Artikel 5.21 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 5.21 (examen airconditioningsysteemdeskundige)

1. Het examen airconditioningsysteemdeskundige bestaat uit theorietoetsen en praktijktoetsen als bedoeld in bijlage XII.

2. De exameninstelling bericht de [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ binnen drie weken welke deelnemers het examen met goed gevolg hebben afgelegd.

3. Na ontvangst van het bericht geeft de Minister [voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) het diploma EPBD A-airconditioningsystemen of het diploma EPBD B-airconditioningsystemen af aan de deelnemers.

4. De exameninstelling registreert de uitslagen van de afgelegde examens.

Artikel 5.24 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 5.24 (registratie diploma airconditioningsysteemdeskundige)

1. De ~~Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening~~ ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ registreert:

- a. aan welke personen een diploma EPBD A-airconditioningsystemen of een diploma EPBD B-airconditioningsystemen is afgegeven;
- b. de datum van afgifte van het diploma; en
- c. de geldigheidsduur van het diploma.

2. De ~~m~~Minister [voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) beheert de registratie.

3. De ~~M~~minister [voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) is verwerkingsverantwoordelijke voor de registratie.

4. De gegevens uit de registratie worden door de Minister [voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) beschikbaar gesteld op www.rvo.nl.

5. De gegevens in de registratie worden zeven jaar bewaard.

Artikel 5.25 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 5.25 (bijscholingsexamen airconditioningsystemen)

1. Een airconditioningsysteemdeskundige kan een bijscholingsexamen afleggen tot uiterlijk twee jaar nadat de geldigheidsduur van het diploma is verstreken.

2. De artikelen 5.20, tweede lid, 5.21 en 5.22 zijn van overeenkomstige toepassing, waarbij in plaats van examen wordt gelezen: bijscholingsexamen.

3. De Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties verlengt de geldigheidsduur van een diploma met vijf jaar als een airconditioningsysteemdeskundige voldoet aan de in bijlage XIII opgenomen eisen zoals blijkt uit een bijscholingsexamen.

4. De ~~M~~minister geeft een getuigschrift af van de verlenging, bedoeld in het derde lid.

5. Het eerste en derde lid en de artikelen 5.23 en 5.24 zijn van overeenkomstige toepassing, waarbij in plaats van diploma wordt gelezen: getuigschrift.

Artikel 5.27 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 5.27 (keuringsverslag en afmelding)

1. Het verslag van de keuring van een verwarmingssysteem, bedoeld in artikel 6.42 van het Besluit bouwwerken leefomgeving wordt tenminste zes jaar bewaard.

2. Degene die de keuring verricht, meldt deze binnen vier weken na het verrichten ervan af bij een door de ~~Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening~~ ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ aangewezen instantie.

Artikel 5.45 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 5.45 (NEN 5077)

Bij de toepassing van NEN 5077 geldt dat in afwijking van ~~de tabellen 3, 5, 6 en 7~~^{tabel 6} de standen van de ventilatieopeningen en van de mechanische ventilatie alle 'open' respectievelijk 'aan' zijn.

Artikel 5.48 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 5.48 (NEN-EN 1990)

Bij de toepassing van NEN-EN 1990 wordt tabel NB. 1- 2.1 gelezen als:

Ontwerplevensduur		Toepassing
Klasse	Jaren	
1A	5	Tijdelijke bouwwerken, anders dan een woonfunctie: waarbij de termijn, genoemd in een omgevingsvergunning als bedoeld in artikel ~~2.15~~ ^{2.25 of 2.26} van het Besluit bouwwerken leefomgeving, niet langer is dan 5 jaar, of die vergunningvrij zijn voor de activiteit bouwen. Bouwwerken in gevolgklasse CC2 of CC3: binnen deze klasse moeten de in rekening te brengen belastingen zijn gebaseerd op een referentieperiode van 15 jaar. Voor CC1 is dit 5 jaar.
1B	15	Tijdelijke bouwwerken, anders dan bouwwerken die vallen in klasse 1A.
2	15	Constructies en bouwwerken voor landbouw en tuinbouw en soortgelijke toepassingen, alleen voor productiedoeleinden, waarbij het aantal personen dat in het gebouw aanwezig is, beperkt is. Industriebouwwerken, ^{al dan} niet tijdelijk, met 1 of 2 bouwlagen.
3	50	Bouwwerken anders dan bedoeld onder 1A, 1B en 2.

Artikel 5.50 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 5.50 (NTA 8800)

Bij het bepalen van het aandeel hernieuwbare energie, bedoeld in artikel 4.149, eerste lid, van het Besluit bouwwerken leefomgeving, ^{volgens} NTA 8800 mag restwarmte en -koude als bedoeld in NTA 8800 worden meegerekend.

Artikel 5.55 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 5.55 (veiligheidscoördinator directe omgeving en bouw- en sloopveiligheidsplan)

De noodzaak tot het aanstellen van een veiligheidscoördinator directe omgeving en het opstellen van een bouw- en sloopveiligheidsplan, bedoeld in artikel 7.5a, tweede lid, van het Besluit bouwwerken leefomgeving, is aanwezig als het invullen van de risicomatrix, bedoeld in artikel 5.54, resulteert in ~~opgeteld~~^{in totaal} twaalf of meer punten.

Artikel 6.7 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 6.7 (bepalen: geluid door activiteiten, anders dan specifieke activiteiten, in geluidgevoelige ruimten binnen in- en aanpandige geluidgevoelige gebouwen)

1. Op het bepalen van het geluid in geluidgevoelige ruimten binnen in- en aanpandige geluidgevoelige gebouwen zijn NEN 5077 en NEN-EN-ISO 12354-3~~NEN-12354-3~~ van toepassing.

2. Bij de toepassing van NEN 5077 geldt dat in afwijking van tabel 36 de standen van de ventilatieopeningen en van de mechanische ventilatie alle 'open' respectievelijk 'aan' zijn

Artikel 6.11 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 6.11 (bepalen: trillingen door activiteiten)

1. Op het bepalen van de trillingen door een activiteit in trillinggevoelige ruimten van een trillinggevoelig gebouw waarvoor een omgevingsplan waarden als bedoeld in artikel 5.87, 5.87a, 5.88 of 5.89 van het Besluit kwaliteit leefomgeving bevat, is paragraaf 6.2 van de Meet- en beoordelingsrichtlijnen voor trillingen, deel B, van toepassing.

1.2. De waarden worden afgerond op twee decimalen.

Artikel 7.5 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 7.5 (bouwactiviteit: toepassingsbereik)

Deze paragraaf is van toepassing op het verstrekken van gegevens en bescheiden bij een aanvraag om een omgevingsvergunning voor een bouwactiviteit als bedoeld in artikel 2.25 of 2.26~~artikel 2.15d~~ van het Besluit bouwwerken leefomgeving.

Artikel 7.12 wordt als volgt gewijzigd:

~~Artikel 7.12 (bouwactiviteit: veiligheid-omgeving)~~

~~Bij een aanvraag worden de volgende gegevens en bescheiden verstrekt:~~

~~a. de ingevulde risicomatrix, bedoeld in artikel 5.54;~~

~~b. als dat is vereist op grond van artikel 7.5a van het Besluit bouwwerken leefomgeving en artikel 5.55:~~

~~1°. het bouwveiligheidsplan; en~~

~~2°. de naam en contactgegevens van de veiligheidscoördinator directe omgeving; en~~

~~c. andere gegevens en bescheiden over de maatregelen om de veiligheid te waarborgen en de gezondheid te beschermen in de directe omgeving van de bouwwerkzaamheden.~~

Artikel 7.12a wordt als volgt gewijzigd:

~~Artikel 7.12a (bouwactiviteit: stikstofemissie)~~

~~Bij een aanvraag worden gegevens en bescheiden verstrekt over de maatregelen, bedoeld in~~

~~artikel 7.19a, eerste lid, van het Besluit bouwwerken leefomgeving, die worden getroffen bij het verrichten van bouwwerkzaamheden om de emissie van stikstofverbindingen naar de lucht te beperken.~~

Artikel 7.16 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 7.16 (bouwactiviteit: uitgestelde aanvraagvereisten)

1. Gegevens en bescheiden als bedoeld in artikel 8.3c, eerste lid, van het Besluit kwaliteit leefomgeving waarvoor het bevoegd gezag op grond van dat lid op verzoek van de aanvrager een voorschrift tot het later verstrekken van die gegevens en bescheiden aan de omgevingsvergunning voor de bouwactiviteit moet verbinden zijn:

- a. de belastingen en de belastingcombinaties voor sterkte en stabiliteit en de uiterste grenstoestand van alle te wijzigen constructieve delen van het bouwwerk en van het bouwwerk als geheel, voor zover het niet gaat om de hoofdlijn van de constructie of het constructieprincipe; en
- b. de details van de in of voor het bouwwerk toegepaste bouwwerkinstallaties, voor zover het niet gaat om de gegevens over de hoofdlijn of het principe van de toegepaste installaties.

2. Het eerste lid, aanhef en onder a, is niet van toepassing als de gegevens en bescheiden betrekking hebben op tekeningen of berekeningen waaruit het constructieprincipe blijkt voor de nieuwe situatie en, als daarvan sprake is, voor de bestaande situatie. Dit gaat om:

- a. tekeningen van de definitieve hoofdopzet van de constructie van alle verdiepingen met inbegrip van globale maatvoering;
- b. een schematisch funderingsoverzicht of palenplan met globale plaatsing, aantallen en paalpuntniveaus, met inbegrip van globaal grondonderzoek waaruit de draagkracht van de ondergrond blijkt;
- c. plattegronden van vloeren en daken, met inbegrip van globale maatvoering;
- d. overzichtstekeningen van constructies in staal, hout en geprefabriceerd beton, met inbegrip van stabiliteitsvoorzieningen en dilataties, principedetails van karakteristieke constructieonderdelen in een schaal van 1:20, 1:10 of 1:5, met inbegrip van maatvoering; en
- e. een toelichting op het ontwerp van de constructies als bedoeld in artikel 7.7, derde lid.

3. De hoofdlijn, bedoeld in het eerste lid, onder b, gaat in ieder geval over de wijze van verwarming, koeling en luchtbehandeling, de locatie en wijze van verticaal transport en de locatie van en het type brandveiligheidsinstallatie.

4. Gegevens en bescheiden als bedoeld in artikel 8.3c, tweede lid, van het Besluit kwaliteit leefomgeving waarvoor het bevoegd gezag op grond van dat lid als naar zijn oordeel de bouwactiviteit daartoe aanleiding geeft een voorschrift tot het later verstrekken van die gegevens en bescheiden aan de omgevingsvergunning voor de bouwactiviteit kan verbinden zijn: de gegevens en bescheiden, bedoeld in de artikelen 7.7, eerste lid, onder c tot en met h, en 7.8 tot en met ~~7.117-12, met uitzondering van het bouwveiligheidsplan.~~

Artikel 7.21 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 7.21 (bouwactiviteit: overige berekeningen)

1. Bij een aanvraag wordt een berekening van de mechanische ventilatie verstrekt waarvan het resultaat ten minste de volgende gegevens en bescheiden bevat:
 - a. strangenschema's met diameters en lengten;
 - b. gegevens over drukverlies; en
 - c. merk en type van de toe te passen bouwwerkinstallatie.
2. Een berekening van de thermische isolatie bevat ten minste de volgende gegevens en bescheiden:
 - a. de totale oppervlakte van kozijnen, ramen, deuren, dichte delen en daarmee gelijk te stellen constructiedelen;
 - b. de oppervlakte van elke toegepaste glassoort en de thermische eigenschappen hiervan;
 - c. een tekening waarop gehanteerde woningen voor de berekening van de energieprestatiecoëfficiënt zijn aangegeven;
 - d. gegevens en bescheiden over de begrenzing van de energieprestatiecoëfficiënt van woningen of woongebouw met een arcering op een plattegrondtekening;
 - e. gebruiksfunctie en energiesectoren die op een tekening voor niet tot bewoning bestemde gebouwen zijn gearceerd; en
 - f. invoergegevens van de energieprestatiecoëfficiëntberekening, met inbegrip van de bouwfysische eigenschappen van het bouwwerk en de bouwwerkinstallaties en het gehanteerde rekenprogramma.
3. De berekening van de energieprestatie, bedoeld in het tweede lid, onder c, wordt uitgevoerd met een NL-EPBD®EPC geattesteerd computerprogramma als bedoeld in BRL ~~KvINL~~ 9501.

Artikel 7.22 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 7.22 (toepassingsbereik)

De artikelen in deze paragraaf zijn alleen van toepassing voor zover dat in ~~deze paragraaf of~~ de paragrafen 7.2.3.2 tot en met 7.2.3.12, 7.2.4.2 tot en met 7.2.4.8 en 7.2.5.2 tot en met 7.2.5.9 is bepaald.

Artikel 7.46 (lozingsactiviteit: op of in de bodem brengen van bedrijfsafvalstoffen of gevaarlijke afvalstoffen buiten stortplaatsen)

Bij een aanvraag om een omgevingsvergunning voor het lozen van afvalwater afkomstig van het op of in de bodem brengen van bedrijfsafvalstoffen of gevaarlijke afvalstoffen, bedoeld in artikel 3.40c, derde lid, van het Besluit activiteiten leefomgeving, worden de gegevens en bescheiden, bedoeld in artikel 7.23, onder a tot en met h en l tot en met n, verstrekt.

Artikel 7.77 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 7.77 (milieubelastende activiteit: stortplaats baggerspecie)

1. Bij een aanvraag om een omgevingsvergunning voor het exploiteren van een ippc-installatie of een andere milieubelastende installatie voor het storten van afvalstoffen, bedoeld in de artikelen 3.84, eerste lid, onder a of b, en tweede lid, en 3.85, eerste lid, van het Besluit activiteiten leefomgeving, worden, als het gaat om een stortplaats voor baggerspecie op land als bedoeld in artikel 1,

onder c, van de Regeling stortplaatsen voor baggerspecie op land, de volgende gegevens en bescheiden verstrekt:

a. over de immissie van verontreiniging in het grondwater:

1°. een aanduiding of in het poriënwater voor een stof de streefwaarde, bedoeld in artikel 1, onder g, van die regeling, wordt overschreden;

2°. als voor een stof die streefwaarde wordt overschreden: een aanduiding of de toelaatbare flux, bedoeld in artikel 1, onder h, van die regeling, voor die stof wordt overschreden;

3°. als voor een stof die toelaatbare flux wordt overschreden: een aanduiding of de streefwaarde voor die stof door de immissie wordt overschreden buiten het toelaatbaar beïnvloed gebied, bedoeld in artikel 1, onder i, van die regeling, en wat de berekende jaarlijkse vracht aan verontreinigingen is in het poriënwater;

4°. als voor een stof die streefwaarde wordt overschreden buiten het toelaatbaar beïnvloed gebied: gegevens over het direct buiten het toelaatbaar beïnvloed gebied optreden van een natuurlijke en effectieve geohydrologische isolatie²⁷ en

5°. als voor een stof die streefwaarde niet wordt overschreden buiten het toelaatbaar beïnvloede^e gebied: gegevens waaruit blijkt dat het niet overschrijden van de streefwaarde alleen het gevolg is van verdunning door locatiespecifieke omstandigheden;

b. een beschrijving van de maatregelen, bedoeld in paragraaf 8.5.2.5 van het Besluit kwaliteit leefomgeving, die worden getroffen om verspreiding van verontreinigende stoffen buiten de stortplaats te voorkomen of te beperken en om te voorkomen dat de streefwaarde voor een stof wordt overschreden buiten het toelaatbaar beïnvloed gebied;

c. een onderbouwing van de effectiviteit van de maatregelen, bedoeld onder b; en

d. een beschrijving van de aanleg, het in werking stellen en het onderhoud van het geohydrologisch isolatiesysteem, bedoeld in artikel 1, onder j, van die regeling, en het controlesysteem, bedoeld in paragraaf 8.5.2.5 van het Besluit kwaliteit leefomgeving, als dat in de directe nabijheid van de stortplaats wordt aangelegd.

2. De gegevens, bedoeld in het eerste lid, onder a en c, worden bepaald volgens bijlage 2 bij de Regeling stortplaatsen voor baggerspecie op land en berekend met een methode waarmee het bevoegd gezag heeft ingestemd.

Artikel 7.199 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 7.199 (rijksmonumentenactiviteit: archeologische monumenten)

1. Bij de aanvraag worden, voor zover het gaat om een archeologisch monument, de volgende gegevens en bescheiden verstrekt:

a. een omschrijving van de aard van de activiteit, met vermelding van:

1°. de omvang in vierkante meters; en

2°. de diepte, in centimeters ten opzichte van het maaiveld;

- b. een topografische kaart voorzien van noordpijl en ten minste twee coördinatenparen, met de exacte locatie en omvang van de activiteit;
 - c. doorsnedetekeningen met de exacte locatie, omvang en diepte van de afzonderlijke ingrepen ten opzichte van het maaiveld;
 - d. als sprake is van een opgraving, ook als deze alleen bestaat uit een proefsleuvenonderzoek of een proefputtenonderzoek: een programma van eisen voor de opgraving;
 - e. als sprake is van een booronderzoek met boren met een diameter groter dan 10 cm: een plan van aanpak voor een booronderzoek;
 - f. als sprake is van een zichtbaar archeologisch monument: overzichtsfoto's van de bestaande situatie en plantekeningen van de nieuwe toestand; en
 - g. voor zover de activiteit bestaat uit een bouwactiviteit: funderingstekeningen.
2. Zo nodig worden de volgende gegevens en bescheiden verstrekt:
- a. een rapport waarin de archeologische waarde van dat deel van het archeologisch monument waarop de activiteit van invloed is, in voldoende mate nader is vastgesteld;
 - b. een rapport waarin de gevolgen van de activiteit ~~voorop~~ de archeologische waarden in voldoende mate inzichtelijk zijn gemaakt;
 - c. detailtekeningen met van de afzonderlijke ingrepen:
 - 1°. de exacte locatie;
 - 2°. de omvang; en
 - 3°. de diepte ten opzichte van het maaiveld;
 - d. voor zover de activiteit bestaat uit aanlegwerkzaamheden of een ontgrondingsactiviteit:
 - 1°. een bestek met bijbehorende tekeningen; of
 - 2°. een werkschrijving met bijbehorende tekeningen;
 - e. als sprake is van een sloopactiviteit: bestaande funderingstekeningen; of
 - f. als sprake is van een archeologisch monument onder water: een vlakdekkende hoge resolutie sonaropname van de waterbodem en ultrahoge resolutie sonaropnamen van details.

Artikel 7.219 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 7.219 (gegevens en merktekens voor prepareren wilde vogels)

1. Voor de toepassing van artikel 11.102, tweede lid, aanhef en onder a, van het Besluit activiteiten leefomgeving worden na ontvangst van een uit het wild afkomstige vogel als bedoeld in artikel 1 van de Vogelrichtlijn die ter preparatie wordt aangeboden binnen drie dagen de volgende gegevens verstrekt aan de [Minister voor Natuur en Stikstof](#) ~~Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit~~:

- a. de Nederlandse en wetenschappelijke naam van de Vogelrichtlijnsoort waarom het gaat;
 - b. het aantal aangeboden vogels;
 - c. de datum van ontvangst en aflevering van de aangeboden vogel;
 - d. de kennelijke doodsoorzaak van de aangeboden vogel;
 - e. de naam en het adres van degene van wie de aangeboden vogel is ontvangen;
 - f. de naam en het adres van degene aan wie de aangeboden vogel is afgeleverd; en
 - g. het nummer van het op de aangeboden vogel in overeenstemming met artikel 11.102, tweede lid, onder b, van het Besluit activiteiten leefomgeving aangebrachte merkteken.
2. Degene die de vogel prepareert verstrekt de gegevens ~~via een elektronisch systeem dat met gebruikmaking van een elektronische voorziening die~~ door de [Minister voor Natuur en Stikstof](#) ~~Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit~~ beschikbaar wordt aangebodengesteld.

3. Het tweede lid is ook van toepassing op het verstrekken van een wijziging van de gegevens, bedoeld in het eerste lid, onder ~~ef~~.

4. Een merkteken als bedoeld in 11.102, tweede lid, onder b, van het Besluit activiteiten leefomgeving voor een geprepareerde vogel is voorzien van de letters NL gevolgd door de letters LNV en een uniek nummer.

5. Een merkteken wordt aangevraagd met een volledig ingevuld en ondertekend formulier, dat kosteloos bij de [Minister voor Natuur en Stikstof](#) ~~Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit~~ verkrijgbaar is.

Artikel 7.221 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 7.221 (etiketten cites-uitvoeringsverordening)

Een aanvraag als bedoeld in artikel 3.70, aanhef en onder b, van het Besluit kwaliteit leefomgeving voor etiketten als bedoeld in de artikelen 52, eerste lid, en 66, zesde lid, van de cites-uitvoeringsverordening wordt gedaan voor een minimum van 100 etiketten. De aanvrager zendt ongebruikte etiketten onverwijld terug naar de [Minister voor Natuur en Stikstof](#) ~~Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit~~.

Artikel 8.23 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 8.23 (bepalen: geluid door activiteiten, anders dan door specifieke activiteiten, in geluidgevoelige ruimten binnen in- en aanpandige geluidgevoelige gebouwen)

1. Op het bepalen van het geluid in geluidgevoelige ruimten binnen in- en aanpandige geluidgevoelige gebouwen zijn NEN 5077 en ~~NEN-EN-ISO 12354-3~~ [NEN-EN-ISO 12354-3](#) van toepassing.

2. Bij de toepassing van NEN 5077 geldt dat in afwijking van tabel ~~36~~ de standen van de ventilatieopeningen en van de mechanische ventilatie alle 'open' respectievelijk 'aan' zijn.

Artikel 8.24 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 8.24 (bepalen: geluid door activiteiten, anders dan door specifieke activiteiten, in geluidgevoelige ruimten binnen niet in- of aanpandige geluidgevoelige gebouwen)

1. Het geluid in geluidgevoelige ruimten binnen geluidgevoelige gebouwen, anders dan binnen in- en aanpandige geluidgevoelige gebouwen, wordt bepaald door het geluid op de gevel te verminderen met de karakteristieke geluidwering van de uitwendige scheidingsconstructie, bepaald volgens NEN 5077 of NEN-EN-ISO 12354-3.

2. Bij de toepassing van NEN 5077 geldt dat in afwijking van tabel ~~36~~ de standen van de ventilatieopeningen en van de mechanische ventilatie alle 'open' respectievelijk 'aan' zijn.

Artikel 8.28 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 8.28 (bepalen: trillingen door activiteiten)

1. Op het bepalen van de trillingen, bedoeld in de artikelen 5.87, [5.87a](#), 5.88 en 5.89 van het Besluit kwaliteit leefomgeving, door een activiteit in trillinggevoelige

ruimten van een trillinggevoelig gebouw, is paragraaf 6.2 van de Meet- en beoordelingsrichtlijnen voor trillingen, deel B, van toepassing.

2. De waarden worden afgerond op twee decimalen.

Artikel 10.3 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 10.3 (geen overeenstemming Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ vereist)

Als voor het uitvoeren, in werking hebben of in stand houden van een project een projectbesluit wordt vastgesteld door de Minister van Infrastructuur en Waterstaat, is geen overeenstemming als bedoeld in artikel 5.44, eerste lid, van de wet vereist, als het gaat om:

- a. een project in het kader van beheer, onderhoud, vervanging of renovatie;
- b. een project gericht op het verbeteren van de waterkwaliteit;
- c. een van de volgende projecten, voor zover het totale budget voor het uitvoeren van het project bij de kennisgeving van het voornemen, bedoeld in artikel 5.47, eerste lid, van de wet, lager is dan € 500.000.000:
 - 1°. de aanleg, wijziging of uitbreiding van een autoweg of autosnelweg, spoorweg of vaarweg; of
 - 2°. de aanleg, wijziging of uitbreiding van een werk voor het voorkomen en waar nodig beperken van overstromingen, ~~waarvoor het totale budget voor het uitvoeren van het project bij de kennisgeving van het voornemen, bedoeld in artikel 5.47, eerste lid, van de wet, lager is dan € 500.000.000;~~ of
- d. de aanleg, wijziging of uitbreiding van een haven.

Artikel 12.63 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 12.63 (monitoring omgevingswaarde zwemlocaties: methode)

Op het meten van de percentielwaarden bacteriën op zwemlocaties is van toepassing:

- a. voor intestinale enterokokken: NEN-EN-ISO 7899-1 ~~ISO 7899-1~~ of NEN-EN-ISO 7899-2 ~~ISO 7899-2~~;
- b. voor escherichia coli: NEN-EN-ISO 9308-3 ~~ISO 9308-3~~.

Artikel 12.71a wordt als volgt gewijzigd

Artikel 12.71a (toepassingsbereik)

Deze paragraaf is van toepassing op het berekenen van de geluidbelasting L_{den} en de geluidbelasting L_{night} bij het vaststellen van geluidbelastingkaarten als bedoeld in artikel 11.53 van het Besluit kwaliteit leefomgeving, het berekenen van geluid op geluidreferentiepunten voor monitoren als bedoeld in artikel 11.45 van het Besluit kwaliteit leefomgeving en het bepalen van de geluidemissie in L_{den} en verschil tussen de geluidemissie in L_{den} en basisgeluidemissie als bedoeld in artikel 11.47 van het Besluit kwaliteit leefomgeving.

Artikel 12.73 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 12.73 (toepassingsbereik)

Deze paragraaf is van toepassing op geluidbelastingkaarten als bedoeld in ~~artikel 11.54~~[artikel 11.53](#), eerste lid, van het Besluit kwaliteit leefomgeving voor een agglomeratie als bedoeld in artikel 2.40.

Artikel 12.81 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 12.81 (toepassingsbereik)

Deze paragraaf is van toepassing op geluidbelastingkaarten voor wegen, spoorwegen en luchthavens als bedoeld in ~~artikel 11.54~~[artikel 11.53](#), tweede en derde lid, van het Besluit kwaliteit leefomgeving.

Artikel 13.9 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 13.9 (jaarlijkse indexatie)

1. Alle tarieven en vaste kosten in bijlage XXXIV, tabellen 1, 3 en 7, en bijlage XXXIVa, tabellen 1, 3 en 7 en de bedragen genoemd in artikel 13.5 worden jaarlijks geïndexeerd op basis van de dan geldende salarisschalen van de collectieve arbeidsovereenkomst voor gemeenteambtenaren.

2. De [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ maakt jaarlijks de geïndexeerde tarieven bekend in de Staatscourant.

Artikel 14.2 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 14.2 (besluiten waarvoor rechten worden geheven)

1. Voor het in behandeling nemen van een aanvraag om de volgende besluiten waarvoor een minister het bevoegd gezag is, heft die minister rechten:

- a. een omgevingsvergunning als bedoeld in artikel 5.1 van de wet, met uitzondering van een rijksmonumentenactiviteit met betrekking tot een archeologisch monument of een beperkingengebiedactiviteit met betrekking tot een militaire luchthaven; en
- b. een maatwerkvoorschrift als bedoeld in artikel 4.5 van de wet, met uitzondering van maatwerkvoorschriften die betrekking hebben op een rijksmonumentenactiviteit met betrekking tot een archeologisch monument of een beperkingengebiedactiviteit met betrekking tot een militaire luchthaven.

2. Het eerste lid is van overeenkomstige toepassing op een aanvraag om wijziging van een besluit als bedoeld in dat lid.

3. Geen rechten worden geheven voor de behandeling van een aanvraag waarvan de kosten op grond van afdeling 13.6 van de wet zijn of worden verhaald.

4. De Minister van Economische Zaken en Klimaat heft naast de besluiten, bedoeld in het eerste lid, rechten voor het op aanvraag verlenen, wijzigen, intrekken of beoordelen van:

- a. een melding als bedoeld in artikel 2.7 van het Besluit activiteiten leefomgeving;

b. een toestemming als bedoeld in artikel 2.7 van het Besluit activiteiten leefomgeving; en

c. gegevens en bescheiden als bedoeld in de artikelen 4.1117, 6.47a en 7.69 van het Besluit activiteiten leefomgeving.

5. Als ter uitvoering van een door de [Minister voor Natuur en Stikstof](#) ~~Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit~~ op grond van artikel 18.16a en 18.16b van de wet genomen besluit een omgevingsvergunning of document benodigd is, kan die in afwijking van de artikelen 14.41, 14.41a, 14.41b, 14.41c, 14.41d, 14.41e, 14.41f, 14.42, 14.43, 14.43a, 14.44, 14.44a, 14.44b en 14.45, eerste lid, van deze regeling bepalen dat geen rechten worden geheven.

Artikel 14.7 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 14.7 (bouwactiviteit: tarief omgevingsvergunning)

1. Als een aanvraag om een omgevingsvergunning betrekking heeft op een bouwactiviteit als bedoeld in ~~de artikelen 2.25 of 2.26~~ [artikel 2.15d](#) van het Besluit bouwwerken leefomgeving, bedraagt het tarief € 250.

2. Het tarief in het eerste lid wordt vermeerderd met:

a. 0,24% van de bouwkosten over het deel van de bouwkosten tussen de € 0 en € 25.000;

b. 0,23% van de bouwkosten over het deel van de bouwkosten tussen de € 25.000 en € 50.000;

c. 1,10% van de bouwkosten over het deel van de bouwkosten tussen de € 50.000 en € 200.000;

d. 1,57% van de bouwkosten over het deel van de bouwkosten tussen de € 200.000 en € 2.500.000; en

e. 1,61% van de bouwkosten over het deel van de bouwkosten tussen de € 2.500.000 en elk bedrag daarboven.

3. Het eerste lid is van overeenkomstige toepassing op een aanvraag om wijziging van de omgevingsvergunning.

Artikel 14.49 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 14.49 (hoogte redelijke gebruiksvergoeding rechthebbenden)

1. Een initiatiefnemer is de redelijke gebruiksvergoeding, bedoeld in artikel 13.3e, eerste lid, van de wet, jaarlijks aan de eigenaar van de onroerende zaak verschuldigd. De redelijke gebruiksvergoeding wordt bepaald volgens de formule:

gebruiksvergoeding = grondoppervlakte · grondwaarde · rendementsfactor

waarbij wordt verstaan onder:

grondoppervlakte: oppervlakte in vierkante meter van het deel van de onroerende zaak waarop de gedoogplicht rust;

grondwaarde: marktwaarde per vierkante meter van de grondoppervlakte, uitgaande van de prijs die tot stand zou zijn gekomen bij een veronderstelde vrije koop in het economische verkeer tussen een redelijk handelende verkoper en een redelijk handelende koper, uitgaande van het

in een omgevingsplan of een omgevingsvergunning voor een omgevingsplanactiviteit toegelaten gebruik van de onroerende zaak;

rendementsfactor: forfaitair rendement van 2%.

2. Bij het bepalen van de grondwaarde wordt uitgegaan van de waarde op de dag voorafgaand aan die waarop de gedoogplicht wordt opgelegd.

3. De grondwaarde wordt vanaf de dag waarop de verplichting tot gedogen ingaat elke vijf jaar geïndexeerd overeenkomstig het percentage waarmee de consumentenprijsindex zoals gepubliceerd door het Centraal Bureau voor de Statistiek over de derde maand voorafgaand aan die waarin indexatie plaatsvindt, afwijkt van:

a. de consumentenprijsindex geldend op de dag waarop de verplichting tot gedogen is ingegaan; of

b. als indexatie tien jaar of meer na het ingaan van de verplichting tot gedogen plaatsvindt: de consumentenprijsindex waarop de voorgaande indexatie is gebaseerd.

4. Als voor de grondoppervlakte op grond van artikel 13.3e van de wet ook een redelijke gebruiksvergoeding aan een andere rechthebbende dan de eigenaar van de onroerende zaak is verschuldigd, komt die gebruiksvergoeding in mindering op de gebruiksvergoeding, bedoeld in het eerste lid.

5. De redelijke gebruiksvergoeding voor de andere rechthebbende wordt bepaald naar rato van:

a. de aard van het recht dat die rechthebbende op de onroerende zaak heeft; en

b. het aantal vierkante meter van de onroerende zaak waarop die rechthebbende een recht heeft en waarop de gedoogplicht rust.

Artikel 16.1 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 16.1 (tactisch beheer)

Aan de Dienst, bedoeld in artikel 2 van de Organisatiewet Kadaster, wordt een uitsluitend recht verleend voor het in opdracht van de Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ verrichten van werkzaamheden die verband houden met het coördineren van het beheer van de landelijke voorziening.

Artikel 16.2 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 16.2 (beschikbaarheid, integriteit en vertrouwelijkheid van de landelijke voorziening)

1. De Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ neemt passende generieke maatregelen om de

beschikbaarheid, integriteit en vertrouwelijkheid van de landelijke voorziening te waarborgen.

2. Tot de maatregelen behoort in ieder geval het vastleggen en implementeren van een noodherstelplan bij verlies van gegevens in de landelijke voorziening.

Artikel 16.3 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 16.3 (storingen, aantastingen en beveiligingsincidenten landelijke voorziening)

1. De [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ verhelpt storingen, aantastingen van de beschikbaarheid, integriteit en vertrouwelijkheid van de landelijke voorziening en beveiligingsincidenten binnen een redelijke termijn.

2. De [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ kan zonder voorafgaande kennisgeving de toegang tot of de beschikbaarheid van de landelijke voorziening onderbreken, als sprake is van een storing, een aantasting van de beschikbaarheid, integriteit en vertrouwelijkheid van de landelijke voorziening of een beveiligingsincident. De [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ verstrekt informatie over de aard en verwachte duur van de onderbreking via een algemeen toegankelijk kanaal.

Artikel 16.4 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 16.4 (bevoegdheden minister bij misbruik van de landelijke voorziening)

Om aantasting van de beveiliging, misbruik of oneigenlijk gebruik van de landelijke voorziening te signaleren en adequaat te beëindigen, kan de [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~:

- a. controles uitvoeren op de gegevens in de landelijke voorziening;
- b. bij het vermoeden van misbruik of oneigenlijk gebruik de toegang tot de landelijke voorziening onderbreken; of
- c. bij geconstateerd misbruik of oneigenlijk gebruik de toegang tot de landelijke voorziening beëindigen.

Artikel 16.9 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 16.9 (toepassingsbereik)

Deze afdeling is van toepassing op het via de landelijke voorziening uitwisselen van persoonsgegevens bij het voorbereiden van een beslissing op een aanvraag of het beoordelen van een melding of gegevens en bescheiden ter voldoening aan een andere informatieverplichting dan een melding op grond van de wet, waarvoor de ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) en het bestuursorgaan dat het initiatief heeft genomen tot het uitwisselen van gegevens, gezamenlijke verwerkingsverantwoordelijken zijn.

Artikel 16.11 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 16.11 (rechten van betrokkene)

1. Betrokkene kan een verzoek over de uitoefening van de aan hem toegekende rechten als bedoeld in de artikelen 15 tot en met 22 van de Algemene verordening gegevensbescherming richten aan de [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~. De [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ richt hiervoor een contactpunt in.

2. De Minister ~~van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ [voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) geleidt een verzoek als bedoeld in het eerste lid zo spoedig mogelijk door naar het bestuursorgaan dat het initiatief heeft genomen tot het uitwisselen van gegevens. Dit bestuursorgaan handelt het verzoek af.

Artikel 16.12 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 16.12 (melden datalek in verband met operationele werking landelijke voorziening)

1. De [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ meldt een inbreuk in verband met persoonsgegevens die verband houdt met de inrichting, instandhouding, werking en beveiliging van de landelijke voorziening aan de Autoriteit persoonsgegevens en informeert het bestuursorgaan dat het initiatief heeft genomen tot het uitwisselen van gegevens daarover.

2. De [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ stelt degene om wiens persoonsgegevens het gaat onverwijld in kennis van een inbreuk in verband met persoonsgegevens als bedoeld in het eerste lid als de inbreuk waarschijnlijk een hoog risico inhoudt voor diens rechten en vrijheden.

Artikel 16.13 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 16.13 (melden datalek in verband met gebruik landelijke voorziening)

1. Het bestuursorgaan dat het initiatief heeft genomen tot het uitwisselen van gegevens, meldt een inbreuk in verband met persoonsgegevens die verband houdt met het gebruik van de landelijke voorziening aan de Autoriteit persoonsgegevens en informeert de [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ daarover.

2. Het bestuursorgaan stelt degene om wiens persoonsgegevens het gaat onverwijld in kennis van een inbreuk in verband met persoonsgegevens als bedoeld in het eerste lid als de inbreuk waarschijnlijk een hoog risico inhoudt voor diens rechten en vrijheden.

Artikel 16.14 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 16.14 (melden datalek bij onduidelijkheid oorsprong)

1. Als niet duidelijk is of een inbreuk in verband met persoonsgegevens verband houdt met de inrichting, instandhouding, werking en beveiliging van de landelijke voorziening of het gebruik daarvan, meldt de [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ de inbreuk aan de Autoriteit persoonsgegevens en informeert hij het bestuursorgaan dat het initiatief heeft genomen tot het uitwisselen van gegevens daarover.

2. De [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ stelt degene om wiens persoonsgegevens het gaat onverwijld in kennis van een inbreuk in verband met persoonsgegevens als bedoeld in het eerste lid als de inbreuk waarschijnlijk een hoog risico inhoudt voor diens rechten en vrijheden.

Artikel 16.15 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 16.15 (registratie datalekken)

1. De [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ documenteert alle inbreuken in verband met persoonsgegevens die verband houden met de inrichting, instandhouding, werking en beveiliging van de landelijke voorziening.

2. Het bestuursorgaan dat het initiatief heeft genomen tot het uitwisselen van gegevens, documenteert alle inbreuken in verband met persoonsgegevens die verband houden met het gebruik van de landelijke voorziening.

3. De [Minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ documenteert alle overige inbreuken in verband met persoonsgegevens.

Artikel 17.6 wordt ingevoegd

Artikel 17.6 (overgangsrecht geluid spoorvoertuigen op emplacementen)

1. Bij de wijziging van een geluidproductieplafond op grond van artikel 12.5 van het Besluit kwaliteit leefomgeving wordt de hoogte van het geluidproductieplafond berekend op basis van:

a. de geluidbrongegevens behorende bij het geldende geluidproductieplafond of, voor zover van toepassing, de gewijzigde geluidbrongegevens, bedoeld in bijlage XXXIX; en

b. de geluidbrongegevens die horen bij het geluid door spoorvoertuigen op spoorwegemplacementen die onderdeel zijn van de hoofdspoorweg.

2. Het geluid bedoeld in het eerste lid, onder b, wordt bepaald op basis van aard en omvang van de activiteiten opgenomen in de representatieve bedrijfssituatie van het akoestisch onderzoek dat ten grondslag ligt aan de vigerende omgevingsvergunning, waarbij de aan de omgevingsvergunning verbonden voorschriften in acht worden genomen.

3. Paragraaf 2.7 van bijlage IVf is van overeenkomstige toepassing op de geluidbronvermogens van stilstaande treinen.

4. Artikel 4.1, vijfde lid, van de Aanvullingsregeling geluid Omgevingswet is van overeenkomstige toepassing op de op grond van dit artikel gewijzigde geluidproductieplafonds.

Artikel 17a.3 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 17a.3 (registratie stikstofdepositieruimte)

1. De ~~Minister voor Natuur en Stikstof~~ ~~Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit~~ verzamelt gegevens over de stikstof-depositieruimte, uitgedrukt in mol stikstof per hectare per jaar, die beschikbaar is voor Natura 2000-activiteiten als gevolg van de vermindering van stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden door de onomkeerbare sluiting van varkenshouderijlocaties op grond van artikel 4, eerste lid, van de Subsidierегeling sanering varkenshouderijen.

2. Het bestuursorgaan dat bevoegd is om een omgevingsvergunning te verlenen voor een Natura

2000-activiteit die stikstofdepositie veroorzaakt op voor stikstof gevoelige habitats in een Natura 2000-gebied, met gebruikmaking van stikstofdepositieruimte als bedoeld in het eerste lid, dan wel gedeputeerde staten die met toepassing van artikel 17a.7 een reservering van stikstofdepositieruimte hebben geregistreerd voor een woningbouwcluster, verzamelen de volgende gegevens:

- a. reserveringen van stikstofdepositieruimte met het oog op toedeling aan omgevingsvergunningen voor Natura 2000-activiteiten en het vervallen van die reserveringen;
- b. de toegedeelde stikstofdepositieruimte voor omgevingsvergunningen voor een Natura 2000-activiteit;
- c. de na het wijzigen, intrekken of vervallen van een reservering of na het wijzigen of intrekken van een aanvraag om een omgevingsvergunning voor een Natura 2000-activiteit of na het beëindigen van de activiteit weer beschikbaar gekomen stikstofdepositieruimte; en
- d. de omzetting van in een vernietigde omgevingsvergunning voor een Natura 2000-activiteit toegedeelde stikstofdepositieruimte in voor de betrokken Natura 2000-activiteit gereserveerde stikstofdepositieruimte.

3. In afwijking van het tweede lid draagt het bestuursorgaan dat op grond van artikel 4.25 of 4.31 van het Omgevingsbesluit heeft beslist over instemming met de voorgenomen beslissing op de aanvraag om een omgevingsvergunning of dat op grond van artikel 4.37 van dat besluit of artikel 16.16, vierde lid, van de wet heeft bepaald dat instemming niet is vereist, zorg voor de in het tweede lid bedoelde gegevensverzameling, als stikstofdepositieruimte wordt gereserveerd voor of wordt toegedeeld in een door een ander bestuursorgaan te nemen of genomen beslissing op de aanvraag om die omgevingsvergunning.

4. Voor de toepassing van dit artikel wordt onder Natura 2000-activiteit verstaan een Natura 2000-activiteit als bedoeld in artikel 17a.2.

Artikel 17a.4 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 17a.4 (register stikstofdepositieruimte)

1. Er is een register stikstofdepositieruimte, met de naam AERIUS Register.

2. Het register wordt beheerd door de ~~Minister voor Natuur en Stikstof~~ ~~Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit~~.

3. Het register bevat de gegevens, bedoeld in artikel 17a.3.

4. Het register wordt voortdurend geactualiseerd.

5. De [Minister voor Natuur en Stikstof](#) ~~Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit~~ neemt ten hoogste 70% van de vermindering van stikstofdepositie door een bronmaatregel als bedoeld in artikel 17a.3, eerste lid, als stikstofdepositieruimte in het register op.

6. De [Minister voor Natuur en Stikstof](#) ~~Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit~~ neemt stikstofdepositieruimte die het

gevolg is van vermindering van de stikstofdepositie door een bronmaatregel alleen in het register op:

a. als voor de maatregel een wettelijk voorschrift, een besluit of een overeenkomst nodig is: nadat dat voorschrift of besluit in werking is getreden of die overeenkomst van kracht is geworden;

b. voor zover de vermindering van stikstofdepositie met zekerheid en nauwkeurigheid kan worden vastgesteld; en

c. als handhaving van de wettelijke voorschriften of overeengekomen voorwaarden en beperkingen die verband houden met de bronmaatregel voldoende is verzekerd.

Artikel 17a.5 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 17a.5 (compartimentering stikstofdepositieruimte voor doelprojecten)

1. In AERIUS Register wordt een onderscheid gemaakt tussen stikstofdepositieruimte die beschikbaar is voor:

a. woningbouwprojecten en tracébesluiten;

b. woningbouwclusters; en

c. gemelde PAS-activiteiten.

2. Stikstofdepositieruimte die is verkregen door de onomkeerbare sluiting van varkenshouderijlocaties, bedoeld in artikel 17a.3, eerste lid, is alleen beschikbaar voor woningbouwprojecten en tracébesluiten, behoudens voor zover toepassing is gegeven aan het derde lid.

3. De [Minister voor Natuur en Stikstof](#) ~~Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit~~, in overeenstemming met de ~~Ministers van~~ [Ministers voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening](#) ~~Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties~~ en van Infrastructuur en Waterstaat, kan:

a. depositieruimte die is verkregen door de onomkeerbare sluiting van varkenshouderijlocaties, ook beschikbaar stellen voor:

1°. woningbouwclusters;

2°. gemelde PAS-projecten;

b. depositieruimte die beschikbaar is voor woningbouwclusters of gemelde PAS-projecten, ook beschikbaar stellen voor woningbouwprojecten en tracébesluiten.

Artikel 17a.6 wordt als volgt gewijzigd:

Artikel 17a.6 (registratie reserveringen voor woningbouwprojecten en tracébesluiten)

1. Reserveringen van stikstofdepositieruimte voor woningbouwprojecten worden geregistreerd in de volgorde waarin de aanvragen om een omgevingsvergunning voor een Natura 2000-activiteit zijn ontvangen.

2. Voordat de Minister van Infrastructuur en Waterstaat een reservering van stikstofdepositie-ruimte registreert voor een tracébesluit, past hij artikel 2.2, eerste lid, van de wet toe.

BIJLAGE II BIJ ARTIKEL 1.4 VAN DEZE REGELING (UITGAVEN EN VERWIJZINGEN)

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
AERIUS Calculator	AERIUS Rekeninstrument voor de leefomgeving	2021	Rivm (www.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 van deze regeling
AERIUS Monitor	AERIUS Monitor	2021	RIVM (www.rivm.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
Algemene BeoordelingsMethodiek	Algemene BeoordelingsMethodiek (ABM), methode ter bepaling van de benodigde saneringsinspanning bij lozingen op basis van stoffeigenschappen	2016	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.infomil.nl www.iplo.nl)	Hoofdstuk 7 van deze regeling
API 1004	Bottom Loading and Vapor Recovery for MC-306 & DOT-406 Tank Motor Vehicles	01-01-2003	American Petroleum Institute (www.api.org)	Hoofdstuk 4 Bal
AS SIKB 2000	Accreditatieschema Veldwerk bij Milieuhygiënisch Bodem- en waterbodemonderzoek	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
AS SIKB 3000	Accreditatieschema Laboratoriumanalyses voor grond-, grondwater- en waterbodemonderzoek	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
AS SIKB 6700	Accreditatieschema Inspectie bodembeschermende voorzieningen	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
AS SIKB 6800	Accreditatieschema Controle en keuring tank(opslag)installaties	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BBT-document emissiearm aanwenden	BBT-document emissiearm aanwenden	Versie 1.0, mei 2020	Rijkswaterstaat (www.iplo.nl) www.aandeslagmetdeomgevingwet.nl	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
Bepalingsmethode MPG	Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken	versie 1.0 (01-07-2020), met wijzigingsblad van 1-10-2020, wijzigingsblad van 1-02-2021 en wijzigingsblad van 1-10-2021	Stichting Bouwkwiteit (www.bouwkwiteit.nl) en www.milieudatabase.nl)	Bbl
Blauwalgenprotocol	Blauwalgenprotocol 2012, zoals vastgesteld door het Nationaal Water Overleg	2012	Rijkswaterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Hoofdstuk 10 Bkl
Bodembescherming: combinaties van voorzieningen en maatregelen	Bodembescherming: combinaties van voorzieningen en maatregelen	Versie 2020-01, april 2020	Rijkswaterstaat (www.bodemplus.nl www.iplo.nl)	Bijlage XVIII Bkl
~~BRL 2307-1~~	~~Beoordelingsrichtlijn voor het KOMO productcertificaat voor AVI-bodemas voor ongebonden toepassing op of in de bodem in grond- en wegenbouwkunde~~	~~27-05-2008, met wijzigingsblad van 14-04-2016~~	~~Kiwa (www.kiwa.nl)~~	~~Hoofdstuk 4 Bal~~
BRL 9313	Beoordelingsrichtlijn Zand uit dynamische wingebieden	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
~~BRL 9320~~	~~Bitumineus-gebonden mengsels~~	~~24-04-2009, met wijzigingsblad van 31-12-2014~~	~~Kiwa (www.kiwa.nl)~~	~~Hoofdstuk 4 Bal~~
BRL 9321	Beoordelingsrichtlijn Milieuhygiënische kwaliteit van industriezand en (gebroken) industriegrond	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL 9500-U	Beoordelingsrichtlijn Energieprestatie van utiliteitsgebouwen	15 april 2020, met wijzigingsblad van 1 januari 2022	Stichting InstallQ (www.installq.nl)	Hoofdstuk 5 van deze regeling
BRL 9500-W	Beoordelingsrichtlijn Energieprestatie van woningen en woongebouwen	15 april 2020, met wijzigingsblad van 1 januari 2022	Stichting InstallQ (www.installq.nl)	Hoofdstuk 5 van deze regeling

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
BRL 9501	Beoordelingsrichtlijn Methoden voor het berekenen van het energiegebruik van gebouwen en de energetische en financiële gevolgen van energiebesparingsmaatregelen	15 april 2020, met wijzigingsblad van 1 februari 2022	Stichting InstallQ (www.installq.nl)	Hoofdstuk 5 en Z van deze regeling
BRL-K519	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor Afdichtingsfolie van weekgemaakt polyvinylchloride (PVC-P), met of zonder versterking	15-06-2006	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL-K537	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa procescertificaat voor Verwerken van Kunststoffolie	01-01-2010	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL-K538	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor Afdichtingsfolie van hoge dichtheid polyetheen zonder versterking	15-06-2006	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL-K546	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor Afdichtingsfolie van lage dichtheid polyetheen, met of zonder versterking	15-06-2006	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
~~BRL-K580~~	~~Beoordelingsrichtlijn K580, Polyethyleen (PE) tanks met opvangbak voor niet-stationaire of mobiele opslag van vloeistoffen~~	~~Versie 01~~	~~Kiwa (www.kiwa.nl)~~	~~Hoofdstuk 4 Bal~~
~~BRL-K744~~	~~Beoordelingsrichtlijn K744 voor het Kiwa productcertificaat voor Metalen niet-stationaire en mobiele opslag en afleverinstallaties van ten hoogste 3 m³ voor bovengrondse drukloze opslag van vloeistoffen en controle en onderhoud ervan~~	~~01-07-2013~~	~~Kiwa (www.kiwa.nl)~~	~~Hoofdstuk 4 Bal~~
BRL-K779	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor Inwendige bekleding op stalen tanks voor brandbare vloeistoffen	15-07-2010, met wijzigingsblad van 15-03-2015	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
BRL-K790	Beoordelingsrichtlijn K790, Appliceren van bekledingen op stalen opslagtanks of stalen leidingen	Versie 03	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL-K902	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa procescertificaat voor Tanksanering HBO/diesel	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL-K904	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa procescertificaat voor Tanksaneringen, KIWA Nederland B.V.	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL-K1149	Nationale Beoordelingsrichtlijn voor het KOMO procescertificaat voor verwerken van kunststof folie	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL KvINL 6000-21/00	BRL 6000 Deel 21, Ontwerpen en installeren van bodemenergiesystemen en het beheren van bodemenergiesystemen Beoordelingsrichtlijn voor het KvINL procescertificaat voor 'ontwerpen, installeren en beheren van installaties'	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	Stichting InstallQ (www.installq.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL SIKB 2000	Beoordelingsrichtlijn Veldwerk bij milieuhygiënisch bodem- en waterbodemonderzoek	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
BRL SIKB 2100	Beoordelingsrichtlijn Mechanisch boren	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL SIKB 6000	Beoordelingsrichtlijn Milieukundige begeleiding van (water)bodemsaneringen,	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
	ingrepen in de waterbodem en nazorg	bodemkwaliteit 2021		
BRL SIKB 7000	Beoordelingsrichtlijn Uitvoering van (water)bodemsaneringen en ingrepen in de waterbodem	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk ~~5-4~~ Bal
BRL SIKB 7500	Beoordelingsrichtlijn Bewerken van verontreinigde grond en baggerspecie	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL SIKB 7700	Beoordelingsrichtlijn Aanleg of herstel van een vloeistofdichte voorziening	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
BRL SIKB 7800	Beoordelingsrichtlijn voor Tankinstallaties (ontwerpen, installeren, modificeren, (her) classificeren, keuren en herstellen)	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL SIKB 9335	Beoordelingsrichtlijn Grond	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL ~~SIKB~~ -11000	Beoordelingsrichtlijn Ontwerp, realisatie, beheer en onderhoud van het ondergrondse deel van installaties voor bodemenergie	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
CAP 764	Civil Aviation Authority Policy and Guidelines on Wind Turbines	Versie 6, 01-02-2016	Civil Aviation Authority (www.caa.co.uk)	Hoofdstuk 7 Bal
Carola	Computer Applicatie voor Risicoberekeningen aan Ondergrondse Leidingen met Aardgas	Versie 1.0.0	RIVM (www.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 8 en 12 van deze regeling
CCV-inspectieschema Brandbeveiliging	CCV- inspectieschema Brandbeveiliging, Inspectie	Versie 12.0, 01-01-2019	CCV (www.hetccv.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
	brandbeveiligingssysteem (VBB-BMI-OAI-RBI) op basis van afgeleide doelstellingen			
CCV-inspectieschema Brandbeveiliging Vuurwerk	CCV-inspectieschema Brandbeveiliging Vuurwerk	Versie 1.0, 01-02-2019 + A1	CCV (www.hetccv.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
CCV-inspectieschema Uitgangspuntendocument Brandbeveiliging Vuurwerk	CCV-inspectieschema Uitgangspuntendocument Brandbeveiliging Vuurwerk	Versie 1.0, 15-11-2019 + A1	CCV (www.hetccv.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
Checklist Veilig onderhoud	Checklist veilig onderhoud op en aan gebouwen	2012	Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (www.rijksoverheid.nl)	Bbl
CIW beoordelingssystematiek warmtelozingen	CIW beoordelingssystematiek warmtelozingen	2004	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Hoofdstuk 7 van deze regeling
Consumentenprijsindex	Consumentenprijsindex		Centraal bureau voor de statistiek (www.cbs.nl)	Hoofdstuk 14 van deze regeling
CUR/PBV-Aanbeveling 51	CUR/PBV-Aanbeveling 51: Milieutechnische criteria voor bedrijfsriolering	Augustus 1997	Stichting CUR, Gouda (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
CUR/PBV-Aanbeveling 65	CUR/PBV-Aanbeveling 65: Ontwerp, aanleg en herstel van vloeistofdichte voorzieningen van beton	2005	Stichting CUR, Gouda (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
Handboek Immissietoets	Handboek Immissietoets	2019	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.infomilplo.nl)	Hoofdstuk 4 Bal, bijlage XVII Bkl en hoofdstuk 7 van deze regeling
Handreiking aanleg, beheer en monitoring bezinkbassins voor de bloembollensector	Handreiking aanleg, beheer en monitoring bezinkbassins voor de bloembollensector	Versie 2.0, 20-02-2014	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
IALA Recommendation O-139	IALA Recommendation O-139 on The Marking of Man-Made Offshore Structures	Versie 2, 13-12-2013	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (http://www.iala-aism.org)	Hoofdstuk 7 Bal
Informatiemodel Externe Veiligheid	Informatiemodel Externe Veiligheid (IMEV)	https://docs.geostansoord.nl/imev/imev/	Geonovum (http://geonovum.nl)	Artikel 12.2 van deze regeling
Informatiemodel geluid	Informatiemodel geluid (IMG)	https://docs.geostandaard.nl/cvqg/img/	Geonovum (http://www.geonovum.nl)	Artikel 12.71e van deze regeling

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
INRS 007/V01.01	Trichlorure d'azote et autres composés chlorés M-104	November 2017	INRS (http://www.inrs.fr/metropol)	Hoofdstuk 15 Bal
Integrale aanpak van risico's van onvoorziene lozingen	Integrale aanpak van risico's van onvoorziene lozingen	2000	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Hoofdstuk 7 van deze regeling
Integrale bedrijfstakstudie tankautoreiniging	Integrale bedrijfstakstudie tankautoreiniging	April 2002	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Bijlage XVIII Bkl
ISO 5815-1	Water - Bepaling van het biochemisch zuurstofverbruik na n dagen (BZVn) - Deel 1: Verdunning en enting onder toevoeging van allylthiourem	2003	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
~~ISO 7899-1~~	~~Percentielwaarde intestinale enterokokken~~	~~1998 en correctie 2000~~	~~NNI (www.nen.nl)~~	~~Hoofdstuk 15 Bal en Hoofdstuk 12 van deze regeling~~
~~ISO 7899-2~~	~~Percentielwaarde intestinale enterokokken~~	~~2000~~	~~NNI (www.nen.nl)~~	~~Hoofdstuk 15 Bal en Hoofdstuk 12 van deze regeling~~
~~ISO 9308-3~~	~~Percentielwaarde escherichia coli~~	~~1999 en correctie 2000~~	~~NNI (www.nen.nl)~~	~~Hoofdstuk 15 Bal en Hoofdstuk 12 van deze regeling~~
~~ISO 13358~~	~~Water - Bepaling van het gehalte aan gemakkelijk afgegeven sulfide~~	~~1997~~	~~NNI (www.nen.nl)~~	~~Hoofdstuk 4 Bal~~
ISO 17201-2	Acoustics, Noise from shooting ranges, Part 1: Determination of muzzle blast by measurement	2005 en correctie 1:2009	NNI (www.nen.nl)	Bijlage XVIIIb bij deze regeling

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
ISSO 75.1	Handleiding Energieprestatie utiliteitsgebouwen	12-09-2013	ISSO (https://isso.nl)	Bbl
ISSO 75.3	Formulestructuur energieprestatie advies utiliteitsgebouwen	2011	ISSO (https://isso.nl)	Bbl
Kosteneffectiviteit van maatregelen ter beperking van wateremissies	Kosteneffectiviteit van maatregelen ter beperking van wateremissies	2018	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.vemw.nl www.helpdeskwater.nl)	Bijlage XVIII Bkl
Landelijk Draaiboek Hoogwater en Overstromingsdreiging	Landelijk Draaiboek Hoogwater en Overstromingsdreiging	24-09-2021	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl www.iplo.nl)	Hoofdstuk ~~ken~~ 12 en 15 van deze regeling
Landelijke richtlijn Bouw-en-sloopveiligheid	Landelijke richtlijn Bouw-en-sloopveiligheid	Versie 1.2 augustus 2018	Vereniging Bouw- en Woningtoezicht Nederland (www.bwtinfo.nl)	Hoofdstuk 7 Bbl en bijlage XVIIIa bij deze regeling
Leidraad afwijking hernieuwbare energie woongebouwen (nieuwbouw)	Leidraad afwijking hernieuwbare energie woongebouwen (nieuwbouw)	1 augustus 2022	Ministerie van Binnenlandse Zaken en ~~Koninkrijksrelaties~~ Koninkrijksrelaties (www.rijksoverheid.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
Leidraad afwijking hernieuwbare energie bij ingrijpende renovatie	Leidraad eis hernieuwbare energie bij ingrijpende renovatie	1 augustus 2022	Ministerie van Binnenlandse Zaken en ~~Koninkrijksrelaties~~ Koninkrijksrelaties (www.rijksoverheid.nl)	Hoofdstuk 5 Bbl
LIB-tool	LIB Applicatie Schiphol		Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (http://lib-schiphol.nl/login)	Hoofdstuk 7 van deze regeling
Lozingen uit tijdelijke baggerspeciedepots	Lozingen uit tijdelijke baggerspeciedepots	April 1998	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Bijlage XVIII Bkl
Lozingseisen Wvo-vergunningen	Lozingseisen Wvo-vergunningen	November 2005	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl www.iplo.nl)	Bijlage XVIII Bkl
Meet- en beoordelingsrichtlijnen voor trillingen, deel B	Meet- en beoordelingsrichtlijnen voor trillingen, deel B 'Hinder voor personen in gebouwen'	2002	CROW (https://www.crow.nl)	Hoofdstukken 6 en 8 van deze regeling

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
Meetprotocol voor het testen van het zuiveringsrendement van zuiveringsinstallaties glastuinbouw	Meetprotocol voor het testen van het zuiveringsrendement van zuiveringsinstallaties glastuinbouw	01-07-2017	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
Meetprotocol voor het vaststellen van de driftreductie van neerwaartse en op- en zijwaartse spuittechnieken	Meetprotocol voor het vaststellen van de driftreductie van neerwaartse en op- en zijwaartse spuittechnieken	01-07-2017	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.iplo.nl www.helpdeskwater.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
Memorandum 60	Memorandum 60, Brandbeveiliging voor opslag en verkoop van vuurwerk	08-04-2020	Centrum voor criminaliteitspreventie en veiligheid (www.hetccv.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en Hoofdstuk 7 van deze regeling
Modeldraaiboek Smog	Modeldraaiboek Smog	2023	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.iplo.nl)	Hoofdstuk 15 van deze regeling
MP40-21	Ministeriële Publicatie 40-21, Voorschrift opslag en behandeling ontplofbare stoffen en voorwerpen Defensie	Staatscourant 2011, nr. 21309, 28-11-2011	Ministerie van Defensie (https://puc.overheid.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
MP40-30	Ministeriële Publicatie 40-30, Voorschrift voor de inrichting en het gebruik van schietinrichtingen	Staatscourant 2010, nr. 1619, 5-2-2010	Ministerie van Defensie (https://puc.overheid.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NATO Guidelines for the Storage of Military Ammunition and Explosives	NATO Standardization Agreement 4440 met de daarbij behorende NATO Guidelines for the Storage of Military Ammunition and Explosives	11-12-2015	Noord-Atlantische Verdragsorganisatie (www.nato.int)	Hoofdstuk 5 Bkl
NEN 1006	Algemene voorschriften voor leidingwaterinstallaties	2018 + A1: 2018	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1006	Algemene voorschriften voor drinkwaterinstallaties (AVWI – 1981)	1981 + C1: 1990	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1010	Elektrische installaties voor laagspanning - Nederlandse	2015 + C2: 2016 + A1: 2020	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	implementatie van de HD-IEC 60364-reeks			
NEN 1010	Veiligheidsvoorschriften voor laagspanningsinstallaties (Installatievoorschriften I) (bestaande bouw)	1962	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1059	Gasvoorzieningsystemen - Gasdrukregel- en meetstations voor transport en distributie - Nederlandse editie op basis van NEN-EN 12186 en NEN-EN 12279 -	2019	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN 1068	Thermische isolatie van gebouwen – Rekenmethoden	2012 + C1:2014 (bij toepassing van artikel 4.151 van het Besluit bouwwerken leefomgeving geldt C2:2016 in plaats van C1: 2014)	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1078	Voorziening voor gas met een werkdruk tot en met 500 mbar – Prestatie-eisen – Nieuwbouw	2018	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1087	Ventilatie van gebouwen – Bepalingsmethoden voor nieuwbouw	2001	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1413	Symbolen voor veiligheidsvoorzieningen op bouwkundige tekeningen en in schema's	2011 + A1:2013	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1594	Droge blusleidingen in en aan gebouwen	2006 + C2:2015	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1594	Droge blusleidingen in en aan gebouwen (bestaande bouw)	1991 + A1:1997	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1775	Bepaling van de bijdrage tot brandvoortplanting van vloeren, inclusief wijzigingsblad (bestaande bouw)	1991 + A1:1997	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2057	Daglichtopeningen van gebouwen – Bepaling van de equivalente daglichtoppervlakte van een ruimte	2011 + C1:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NEN 2057	Daglichtopeningen van gebouwen – Bepaling van de equivalente daglichtoppervlakte van een ruimte (bestaande bouw)	2001 + C1:2003	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2078	Voorschriften voor aardgasinstallaties GAVO 1987 – Deel 2: Aanvullende voorschriften voor grotere bijzondere installaties (bestaande bouw)	1987	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2535	Brandveiligheid van gebouwen – Brandmeldinstallaties – Systeem- en kwaliteitseisen en projecteringsrichtlijnen (bestaande bouw)	1996	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2535	Brandveiligheid van gebouwen – Brandmeldinstallaties – Systeem- en kwaliteitseisen en projectierichtlijnen	2017	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2555	Brandveiligheid van gebouwen – Rookmelders voor woonfuncties	2008	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2555	Brandveiligheid van gebouwen – Rookmelders voor woonfuncties (bestaande bouw)	2002 + A1:2006	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2575	Brandveiligheid van gebouwen – Ontruimingsinstallaties – Systeem- en kwaliteitseisen en projecteringsrichtlijnen (bestaande bouw)	2000	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2575-1	Brandveiligheid van gebouwen – Ontruimingsalarminstallaties – Systeem- en kwaliteitseisen en projecteringsrichtlijnen – Deel 1: Algemeen	2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2575-2	Brandveiligheid van gebouwen – Ontruimingsalarminstallaties – Systeem- en kwaliteitseisen en projecteringsrichtlijnen – Deel 2: Luidalarm - Ontruimingsalarminstallatie type A	2012 + A1:2018	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NEN 2575-3	Brandveiligheid van gebouwen – Ontruimingsalarminstallaties – Systeem- en kwaliteitseisen en projecteringsrichtlijnen – Deel 3: Luidalarm – Ontruimingsalarminstallatie van type B	2012 + A2:2018	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2575-4	Brandveiligheid van gebouwen – Ontruimingsalarminstallaties – Systeem- en kwaliteitseisen en projectierichtlijnen – Deel 4: Stilalarminstallatie, draadloos	2013	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2575-5	Brandveiligheid van gebouwen – Ontruimingsalarminstallaties – Systeem- en kwaliteitseisen en projectierichtlijnen – Deel 5: Stilalarminstallatie met attentiepanelen	2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2580	Oppervlakten en inhouden van gebouwen – Termen, definities en bepalingsmethoden	2007 + C1:2008	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2608	Vlakglas voor gebouwen – Eisen en bepalingsmethode	2014	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2686	Luchtdoorlatendheid van gebouwen – Meetmethode	1988 + A2:2008	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2690	Luchtdoorlatendheid van gebouwen – Meetmethode voor de specifieke luchtvolumestroom tussen kruipruimte en woning	1991 + A2:2008	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2757-1	Bepalingmethoden van de geschiktheid van systemen voor de afvoer van rookgas van gebouwgebonden installaties – Deel 1: Installaties met een belasting kleiner dan of gelijk aan 130 kW op bovenwaarde	2019	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2757-2	Afvoer van rook van gebouwgebonden verbrandingsinstallaties met een belasting groter	2006	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
	dan 130 kW op bovenwaarde – Bepalingsmethoden geschiktheid afvoersystemen			
NEN 2768	Meterruimten en bijbehorende bouwkudige voorzieningen in woningen	2018 + A1:2018	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2778	Vochtwerking in gebouwen	2015	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2826	Luchtkwaliteit - Uitworp door stationaire puntbronnen - Monsterneming en bepaling van het gehalte aan gasvormig ammoniak	1999	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN 2991	Lucht - Bepaling van de asbestconcentraties in de binnenlucht en risicobeoordeling in en rondom bouwwerken, constructies of objecten waarbij asbesthoudende materialen zijn verwerkt	2015	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 3011	Veiligheidskleuren en -tekens in de werkomgeving en in de openbare ruimte	2015	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 3011	Veiligheidskleuren en -tekens in de werkomgeving en in de openbare ruimte (bestaande bouw)	2004 + C1:2007	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 3028	Eisen voor verbrandingsinstallaties	2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 3215	Binnenriolering – Eisen en bepalingmethoden (bestaande bouw)	2007	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 3215	Gebouwriolering en buitenriolering binnen de perceelgrenzen – Bepalingmethoden voor de afvoercapaciteit, water- en luchtdichtheid en afstand van dakuitmondingen	2018 + C1+A1:2018	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 5077	Geluidwering in gebouwen – Bepalingmethoden voor de grootheden voor geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie en	2019	NNI (www.nen.nl)	~~Bbl~~ hoofdstukken 4 en 5 Bbl en hoofdstukken 3, 5, 6 en 8 van deze regeling

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
	geluidniveaus veroorzaakt door installaties			
NEN 5087	Inbraakveiligheid van woningen – Bereikbaarheid van dak- en gevelelementen: deuren, ramen en kozijnen	2013 + A1:2016	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 5096	Inbraakwerendheid – Dak- of gevelelementen met deuren, ramen, luiken en vaste vullingen – Eisen, classificatie en beproevingsmethoden	2012 + A1:2015	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 5707	Bodem - Inspectie en monsterneming van asbest in bodem en partijen grond	Datum of versie zoals vermeld in bijlage D bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 5 en bijlage IIA Bal
NEN 5717	Bodem - Waterbodem - Strategie voor het uitvoeren van milieuhygiënisch vooronderzoek	Datum of versie zoals vermeld in bijlage D bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk ~~ken~~ 4 en 5 Bal
NEN 5720	Bodem - Waterbodem - Strategie voor het uitvoeren van milieuhygiënisch onderzoek	Datum of versie zoals vermeld in bijlage D bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk ~~ken~~ 7 ~~en 9~~ van deze regeling
NEN 5725	Bodem - Landbodem - Strategie voor het uitvoeren van milieuhygiënisch vooronderzoek	Datum of versie zoals vermeld in bijlage D bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 5 Bal
NEN 5740	Bodem - Landbodem - Strategie voor het uitvoeren van verkennend bodemonderzoek - Onderzoek naar de milieuhygiënische kwaliteit van bodem en grond	Datum of versie zoals vermeld in bijlage D bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN 5742	Bodem - Monsterneming van grond en sediment ten behoeve van de bepaling van metalen,	2001	NNI (www.nen.nl)	Bijlage XXXI bij deze regeling

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
	anorganische verbindingen, matig-vluchtige organische verbindingen en fysisch-chemische bodemkenmerken			
NEN 5753	Bodem - Bepaling van het lutumgehalte en de korrelgrootteverdeling in grond en waterbodem met behulp van zeef en pipet	Datum of versie zoals vermeld in bijlage D bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	NNI (www.nen.nl)	Bijlage XXXI bij deze regeling
NEN 5754	Bodem - Berekening van het gehalte aan organische stof volgens de gloeiverliesmethode	Datum of versie zoals vermeld in bijlage D bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	NNI (www.nen.nl)	Bijlage XXXI bij deze regeling
NEN 5766	Bodem - Plaatsing van peilbuizen ten behoeve van milieukundig bodemonderzoek	2003	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en hoofdstuk 7 van deze regeling
NEN 5897	Inspectie en monsterneming van asbest in bouw- en sloopafval en recyclinggranulaat	Datum of versie zoals vermeld in bijlage D bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	NNI (www.nen.nl)	Bijlage IIA Bal
NEN 6060	Brandveiligheid van grote brandcompartimenten	2015	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6061	Bepaling van de weerstand tegen het ontstaan van brand bij stookplaatsen	1991 + A3:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6062	Bepaling van de brandveiligheid van rookgasafvoervoorziening en – Algemeen	2017	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6063	Bepaling van het brandgevaarlijk zijn van daken	2019	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6064	Bepaling van de onbrandbaarheid van bouwmaterialen (bestaande bouw)	1991 + A2:2001	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6065	Bepaling van de bijdrage tot brandvoortplanting van bouw materiaal (combinaties) (bestaande bouw)	1991 + A1:1997	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6066	Bepaling van de rookproductie bij brand	1991 + A1:1997	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	van bouw materiaal (combinaties) (bestaande bouw)			
NEN 6068	Bepaling van de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag tussen ruimten	2020	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6069	Beproeving en klassering van de brandwerendheid van bouw delen en bouw producten (aangewezen als eerstelijns norm en als tweedelijns norm in NEN 6068)	2019 + A1 + C1:2019	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6075	Bepaling van de weerstand tegen rookdoorgang tussen ruimten	2020	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6079	Brandveiligheid van grote brandcompartimenten – Risicobenadering	2016	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6088	Brandveiligheid van gebouwen – Vluchtwegaanduiding – Eigenschappen en bepalingmethoden	2002	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6090	Bepaling van de vuurbelasting	2017	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6265	Bacteriologisch onderzoek van water - Onderzoek naar de aanwezigheid en het aantal kolonievormende eenheden (KVE) van Legionella-bacteriën	1991	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN 6411	Water - Bepaling van de pH	1981	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN 6414	Water en slib - Bepaling van de temperatuur	2008	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN 6480	Water - Titrimetrische bepaling van de gehalten aan vrij beschikbaar en totaal beschikbaar chloor met ijzer(II)-ammoniumsulfaat en 1-amino-4-diethylaminobenzeen-waterstofsulfaat (N,N-diethyl-p-phenyl-eendiamine (DPD)-sulfaat) als indicator	1982 + C2: 1984	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
NEN 6494	Water - Enzymatische bepaling van het gehalte aan ureum in zwemwater	1984	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN 6531	Water - Titrimetrische bepaling van het gehalte aan waterstofcarbonaat in water met een pH lager dan of gelijk aan 8,35	1986	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN 6573	Bacteriologisch onderzoek van water - Onderzoek met behulp van membraanfiltratie naar de aanwezigheid en het aantal kolonievormende eenheden (KVE) van <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1987	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN 6600-1	Water - Monsterneming - Deel 1: Afvalwater	2009	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN 6608	NEN 6608:1996: Water - Fotometrische bepaling van het sulfidegehalte	1996	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN 6633	Water en (zuiverings)slib - Bepaling van het chemisch zuurstofverbruik (CZV)	2007	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN 6646	Water - Fotometrische bepaling van het gehalte aan ammoniumstikstof en van de som van de gehalten aan ammoniumstikstof en organisch gebonden stikstof volgens Kjeldahl, door mineralisatie met seleen, met behulp van een doorstroomanalysesysteem - Ontsluiting met zwavelzuur, seleen en kaliumsulfaat	2015 + C1:2015	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6, 7 en 15 Bal
NEN 6707	Bevestiging van dakbedekkingen – Eisen en bepalingsmethoden	2019	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6961	Milieu - Ontsluiting met salpeterzuur en zoutzuur (koningswater) voor de bepaling van geselecteerde elementen	2014	NNI (www.nen.nl)	Bijlage XXXI bij deze regeling
NEN 6965	Milieu - Analyse van geselecteerde elementen in water, eluaten en destruaten - Atomaire-absorptiespectrometrie met vlamtechniek	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en Bijlage XXXI bij deze regeling

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NEN 6966	Milieu - Analyse van geselecteerde elementen in water, eluaten en destruat - Atomaire emissiespectrometrie met inductief gekoppeld plasma	2005 + C1:2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN 8062	Brandveiligheid van gebouwen – Methode voor het beoordelen van de brandveiligheid van rookgasafvoervoorziening en van bestaande gebouwen (bestaande bouw)	2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 8078	Voorziening voor gas met een werkdruk tot en met 500 mbar – Prestatie-eisen – Bestaande bouw (bestaande bouw)	2018 + A1:2018	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 8087	Ventilatie van gebouwen – Bepalingsmethoden voor bestaande gebouwen (bestaande bouw)	2001	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 8700	Beoordeling constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Grondslagen (bestaande bouw en verbouw)	2011 + A1:2020	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 8701	Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Belastingen	2011 + A1:2020	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 8707	Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeur, Geotechnische constructies	2018 + C1:2020	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 8757	Afvoer van rook van verbrandingstoestellen in gebouwen – Bepalingsmethoden voor bestaande bouw	2005	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 179	Hang- en sluitwerk – Sluitingen voor nooduitgangen met een deurkruk of een drukplaat, voor gebruik bij vluchtroutes – Eisen en beproevingsmethoden	2008	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 858-1	Afscheiders en slibvangputten voor lichte vloeistoffen (bijv. olie en	2002 + A1:2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
	benzine) - Deel 1: Ontwerp, eisen en beproeving, merken en kwaliteitscontrole			
NEN-EN 858-2	Afscheiders en slibvangputten voor lichte vloeistoffen (bijv. olie en benzine) - Deel 2: Bepaling van nominale afmeting, installatie, functionering en onderhoud	2003	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 872	Water - Bepaling van het gehalte aan onopgeloste stoffen - Methode door filtratie over glasvezelfilters	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN-EN 1125	Hang- en sluitwerk – Panieksluitingen voor vluchtdeuren met een horizontale bedieningsstang voor het gebruik bij vluchtroutes – Eisen en beproevingsmethoden	2008	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1484	Leidraad voor de bepaling van het gehalte aan totaal organische koolstof (TOC) en opgelost organische koolstof (DOC)	1997	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 1825-1	Vetafscheiders en slibvangputten - Deel 1: Ontwerp, eisen en beproeving, merken en kwaliteitscontrole	2004 + C1:2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 1825-2	Vetafscheiders en slibvangputten - Deel 2: Bepaling van nominale afmeting, installatie, functionering en onderhoud	2002	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 1838	Toegepaste verlichtingstechniek – Noodverlichting	2013	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1838	Toegepaste verlichtingstechniek – Noodverlichting (bestaande bouw en bij toepassing van artikel 4.215, tweede lid, van het Besluit bouwwerken leefomgeving ook voor te bouwen bouwwerken)	1999	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1899-1	Water - Bepaling van het biochemisch	1998	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	zuurstofverbruik na n dagen (BODn) - Deel 1: Verdunnings- en entmethode met toevoeging van allylthiureum			
NEN-EN 1911	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de massa concentratie van gasvormige chloride van HCl - Standaard referentiemethode	2010	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 1948-1	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de concentratie aan PCDD's/PCDF's en dioxine-achtige PCB's - Deel 1: Monsterneming van PCDD's/PCDF's	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 1948-2	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de concentratie aan PCDD's/PCDF's en dioxine-achtige PCB's - Deel 2: Extractie en opwerking van PCDD's/PCDF's	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 1948-3	Emissie van stationaire bronnen - Bepaling van de concentratie aan PCDD's en PCDF's en dioxine-achtige PCB's - Deel 3: Identificatie en kwantificering van PCDD's en PCDF's	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 1990	Eurocode – Grondslagen van het constructief ontwerp	2019 + A1:2019 C2:2019 + NB:2019	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1991-1-1	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-1: Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigengewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen	2019 + C1:2019 + NB:2019	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1991-1-2	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-2: Algemene belastingen – Belasting bij brand	2019 + C3:2019 + NB:2019	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1991-1-3	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-3: Algemene belastingen – Sneeuwbelasting	2019 + C1:2019 + A1:2019 + NB:2019	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NEN-EN 1991-1-4	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting	2019 + A1 + C2:2011 + NB:2019	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1991-1-5	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-5: Algemene belastingen – Thermische belasting	2011 + C1:2011 + NB:2019	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1991-1-7	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-7: Algemene belastingen – Buitengewone belastingen: stootbelastingen en ontploffingen	2015 + C1+A1:2015 + NB:2019	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1991-2	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 2: Verkeersbelasting op bruggen	2015 + C1:2015 + NB:2019	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1991-3	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 3: Belastingen veroorzaakt door kranen en machines	2006 + C1:2012 + NB:2013	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1991-4	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 4: Silo's en opslagtanks	2006 + C1:2012 + NB:2013	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1992-1-1	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen	2011 + C2:2011 + A1: 2015 + NB:2016 + A1:2020	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1992-1-2	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand	2011+ C1:2011 + C11:2017 + A1:2019 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1992-2	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies- Betonnen bruggen – Regels voor ontwerp, berekening en detaillering	2011 + C1:2011 + NB:2016	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1992-3	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 3: Constructies voor kernen en opslaan van stoffen	2006 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-1	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen	2006 + C2 + A1:2016 + NB: 2016	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NEN-EN 1993-1-2	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand	2005 + C2:2011 + NB:2015	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-3	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-3: Algemene regels – Aanvullende regels voor koudgeformde dunwandige profielen en platen	2006 + C3:2009 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-4	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-4: Algemene regels – Aanvullende regels voor corrosievaste staalsoorten	2006 + A1:2015 + NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-5	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-5: Constructieve plaatvelden	2006 + C1:2012 + A1:2017 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-6	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-6: Algemene regels – Sterkte en Stabiliteit van Schaalconstructies	2007 + A1:2017, C1:2009 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-7	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-7: Sterkte en stabiliteit haaks op het vlak belaste platen	2008 + C1:2009 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-8	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen	2006 + C2:2011 + C11:2016 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-9	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-9: Vermoeiing	2006 + C2:2012 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-10	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-10: Materiaaltaaiheid en eigenschappen in de dikterichting	2006 + C2:2011 + C11:2015 + NB:2007	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-11	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel	2007 + C1:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	1-11: Ontwerp en berekening van op trek belaste componenten			
NEN-EN 1993-1-12	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-12: Aanvullende regels voor de uitbreiding van EN 1993 voor staalsoorten tot en met S 700	2007 + C1:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-2	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 2: Stalen bruggen	2007 + C1:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-3-1	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 3-1: Torens, masten en schoorstenen – Torens en masten	2007 + C1:2009 + NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-3-2	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 3-2: Torens, masten en schoorstenen – Schoorstenen	2007 + NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-4-1	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 4-1: Silo's	2007 + C1:2009 + A1:2017 + NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-4-2	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 4-2: Opslagtanks	2007 + A1:2017, C1:2009 + NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-4-3	Eurocode 3 – Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 4-3: Buisleidingen	2009 + C1:2009	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-5	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 5: Palen en damwanden	2008 + C1:2009 + NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-6	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 6: Kraanbanen	2008 + C1:2009 + NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1994-1-1	Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen	2011 + C1:2011 + NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1994-1-2	Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies – Deel 1-2: Algemene regels –	2011 + C1:2011 + A1:2014 + NB:2007	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	Ontwerp en berekening van constructies bij brand			
NEN-EN 1994-2	Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies – Deel 2: Algemene regels en regels voor bruggen	2006 + C1:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1995-1-1	Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies – Deel 1-1: Algemeen – Gemeenschappelijke regels en regels voor gebouwen	2005 + C1 + A1:2011 + C1:2012 + A2:2014 + NB:2013	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1995-1-2	Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies – Deel 1-2: Algemeen – Ontwerp en berekening van constructies bij brand	2005 + C2:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1995-2	Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies – Deel 2: Bruggen	2005 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1996-1-1	Eurocode 6: Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk – Deel 1-1: Algemene regels voor constructies van gewapend en ongewapend metselwerk	2006 + A1:2013 + NB:2018	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1996-1-2	Eurocode 6: Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk – Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand	2005 + C1:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1996-2	Eurocode 6: Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk – Deel 2: Ontwerp, materiaalkeuze en uitvoering van constructies van metselwerk	2006 + C1:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1996-3	Eurocode 6: Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk – Deel 3: Vereenvoudigde berekeningsmodellen voor constructies van ongewapend metselwerk	2006 + C1:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NEN-EN 1997-1	Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp – Deel 1: Algemene regels	2005 + C1 + A1:2016 + NB:2019	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1997-2	Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp – Deel 2: Grondonderzoek en beproeving	2007 + C1:2010 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1999-1-1	Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies – Deel 1-1: Algemene regels	2007 + A1:2011 + A2:2014 + C11:2018 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1999-1-2	Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies – Deel 1-2: Ontwerp en berekening van constructies bij brand	2007 + C1:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1999-1-3	Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies – Deel 1-3: Vermoeiing	2007 + A1:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1999-1-4	Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies – Deel 1-4: Koudgevormde dunne platen	2007 + C1 + A1:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1999-1-5	Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies – Deel 1-5: Schaalconstructies	2007 + C1:2009	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 12341	Luchtkwaliteit - Algemene gravimetrische referentiemethode voor de bepaling van de PM10 of PM2,5-massafractie van zwevende stof in de buitenlucht	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 12354-6	Geluidwering in gebouwen – Berekening van de akoestische eigenschappen van gebouwen met de eigenschappen van bouwelementen – Deel 6: Geluidabsorptie in gesloten ruimten	2004	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 12566-1	Kleine afvalwaterzuiveringsinstallaties ≤ 50 IE - Deel 1: Geprefabriceerde septictanks	2016	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 6 en 7 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
NEN-EN 12619	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de massaconcentratie van totaal gasvormig organisch koolstof in lage concentraties in verbrandingsgassen - Continue methode met vlamionisatiedetector	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 13211	Luchtkwaliteit - Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de concentratie aan totaal kwik	2001 + C1:2007	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 13284-1	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van massaconcentratie van stof in lage concentraties - Deel 1: Manuele gravimetrische methode	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, ~~en 5~~ , 6 en 7 Bal
NEN-EN 13284-2	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van massaconcentratie van stof in lage concentraties - Deel 2: Geautomatiseerde meetsystemen	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 13501-1	Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen - Deel 1: Classificatie op grond van resultaten van beproeving van het brandgedrag	2019	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 13501-6	Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen - Deel 6: Classificatie op grond van resultaten van beproeving van het brandgedrag van elektrische kabels	2019	NNI (www.nen.nl)	Bbl
~~NEN-EN 13616-1~~	~~Overvulbeveiligingsmiddel en voor niet-verplaatsbare tanks voor vloeibare brandstoffen - Deel 1: Overvulbeveiligingsmiddel en met sluitmechanisme~~	~~2016~~	~~NNI (www.nen.nl)~~	~~Hoofdstuk 4 Bal~~
NEN-EN 14181	Emissies van stationaire bronnen - Kwaliteitsborging van geautomatiseerde meetsystemen	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 en 5 Bal
NEN-EN 14211	Luchtkwaliteit - Buitenlucht - Standaard methode voor meten van de concentratie	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
	stikstofdioxide en stikstofmonoxide door middel van chemoluminescentie			
NEN-EN 14212	Luchtkwaliteit - Buitenlucht - Standaard methode voor het meten van de concentratie zwaveldioxide door middel van ultraviolette fluorescentie	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 14385	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de totale emissie van As, CD, Cr, CO, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl en V	2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 en 5 Bal
NEN-EN 14625	Luchtkwaliteit - Buitenlucht - Standaard methode voor het meten van de concentratie ozon door middel van ultraviolette fotometrische methode	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal en hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 14626	Luchtkwaliteit - Buitenlucht - Standaard methode voor het meten van de concentratie koolstofmonoxide door middel van niet-dispersieve infraroodspectroscopie	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 14789	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de volumeconcentratie van zuurstof (O2) - Referentiemethode - Paramagnetisme	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 14790	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de waterdamp in leidingen - Standaard referentiemethode	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 Bal
NEN-EN 14791	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de massaconcentratie aan zwaveldioxide - referentiemethode	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 14792	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van massaconcentratie aan stikstofoxiden - referentiemethode: Chemiluminescentie	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 14902	Luchtkwaliteit - Standaard methode voor de meting van Pb, Cd, As,	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	and Ni in de PM-10 fractie van zwevend stof			
NEN-EN 14907	Luchtkwaliteit - Algemene gravimetrische referentiemethode voor de bepaling van de PM2,5-massafractie van zwevende stof in de buitenlucht	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 15001-1	Gasinfrastructuur – Gasinstallatieleidingen met bedrijfsdrukken groter dan 0,5 bar voor industriële en groter dan 5 bar voor industriële en niet-industriële gasinstallaties – Deel 1: Gedetailleerde functionele eisen voor ontwerp, materialen, constructie, inspectie en beproeving	2009	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 15058	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de massaconcentratie van koolstofmonoxide (CO) - Referentiemethode: Niet-dispersieve infrarood spectrometrie	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 15204	Kwaliteit van water - Richtlijn voor het tellen van fytoplankton met behulp van omgekeerde microscopie (Utermöhl-techniek)	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN 15259	Luchtkwaliteit - Meetmethode emissies van stationaire bronnen - Eisen voor meetvlakken en meetlocaties en voor doelstelling, meetplan en rapportage van de meting	2007	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 15549	Luchtkwaliteit - Standaardmethode voor het meten van de concentratie benzo[a]pyreen in buitenlucht	2008	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 15841	Luchtkwaliteit - Buitenlucht - Bepaling van de atmosferische depositie van lood, nikkel, arseen en cadmium	2009	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 15853	Luchtkwaliteit - Standaardmethode voor de bepaling van de depositie van kwik	2010	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NEN-EN 15934	Slib, behandeld biologisch afval, bodem en afval - Berekening van het droge stofgehalte door de bepaling van de droogrest of het watergehalte	2012	NNI (www.nen.nl)	Bijlage XXXI bij deze regeling
NEN-EN 15980	Luchtkwaliteit - Bepaling van de depositie van benz[a]anthraceen, benzo[b]fluorantheen, benzo[j]fluorantheen, benzo[k]fluorantheen, benzo[a]pyreen, dibenz[a,h]anthraceen en indeno[1,2,3-cd]pyreen	2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 16179	Slib, behandeld bioafval en bodem - Richtlijn voor monstervoorbehandeling	2012	NNI (www.nen.nl)	Bijlage XXXI bij deze regeling
NEN-EN 16321-1	Terugwinning van benzinedamp tijdens het vullen van motorvoertuigen bij tankstations - Deel 1: Beproevingsmethoden voor efficiënte goedkeuring van terugwinningssystemen van benzinedampen	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 16321-2	Terugwinning van benzinedamp tijdens het vullen van motorvoertuigen bij tankstations - Deel 2: Beproevingsmethoden voor de controle van dampwinningssystemen bij tankstations	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 50522	Aarding van hoogspanningsinstallaties van meer dan 1 kV wisselspanning	2010	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN-IEC 60079-10-2	Explosieve atmosferen - Deel 10-2: Classificatie van gebieden - Explosieve stofatmosferen	2015	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-IEC 60942	Elektro-akoestiek - IJkbronnen voor geluid	2018	NNI (www.nen.nl)	Bijlage IVi bij deze regeling
NEN-EN-IEC 61260-1	Elektro-akoestiek - Octaafband en gefractioneerde octaafbandfilters	2014	NNI (www.nen.nl)	Bijlagen IVh en IVi bij deze regeling
NEN-EN-IEC 61400-1	Windturbines - Deel 1: Ontwerpeisen	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-IEC 61400-2	Windturbines - Deel 2: Kleine windturbines	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
NEN-EN-IEC 61400-22	Generatorsystemen voor windturbines - Deel 22: Conformiteitsbeproeving en certificatie	2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-IEC 61672-1	Elektro-akoestiek – Geluidniveaumeters	2014	NNI (www.nen.nl)	Bijlagen IVh, IVi en XVIIIb bij deze regeling
NEN-EN-IEC 61936-1	Sterkstroominstallaties met meer dan 1 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene bepalingen	2012 + C1: 2012, C11:2011, C12:2013, C13:2013 + A1: 2014	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN-IEC 62305-1	Bliksembeveiliging - Deel 1: Algemene principes	2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-IEC 62305-2	Bliksembeveiliging - Deel 2: Risicomanagement	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-IEC 62305-4	Bliksembeveiliging - Deel 4: Elektrische en elektronische systemen in objecten	2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 2813	Verven en vernissen – Bepaling van de glans (spiegelende reflectie) van niet-metallieke verflagen onder 20 graden, 60 graden en 85 graden	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 3095	Railtoepassingen - Akoestiek - Meting van geluid uitgestraald door railgebonden voertuigen	2013	NNI (www.nen.nl)	Bijlage IVf bij deze regeling
NEN-EN-ISO 5667-3	Water - Monsterneming - Deel 3: Conservering en behandeling van watermonsters	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN-EN-ISO 5814	Water - Bepaling van het gehalte aan opgeloste zuurstof - Elektrochemische methode	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 6878	Water - Bepaling van fosfor - Ammoniummolybdaat spectrometrische methode	2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken ~~4~~ 6, 7 en 15 Bal
NEN-EN-ISO 7027-1	Water - Bepaling van troebelheid - Deel 1: Kwantitatieve methoden	2016	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 7027-2	Waterkwaliteit - Bepaling van de mate van troebelheid - Deel 2: Semi-kwantitatieve methoden for het testen van transparantie van wateren	2019	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
NEN-EN-ISO 7393-1	Water - Bepaling van het vrije chloorgehalte en het totale chloorgehalte - Deel 1: Titrimetrische methode met gebruik van N,N-diethyl-1,4-phenylenediamine	2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 15 Bal
NEN-EN-ISO 7393-2	Water - Bepaling van het vrije chloorgehalte en het totale chloorgehalte - Deel 2: Colorimetrische methode met gebruik van N,N-diethyl-1,4-phenylenediamine, voor routine controledoeleinden	2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 7393-3	Water - Bepaling van het vrije chloorgehalte en het totale chloorgehalte - Deel 3: Jodometrische titratiemethode voor de bepaling van het totale chloorgehalte	2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 7888	Water - Bepaling van het elektrisch geleidingsvermogen	1994	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 7899-1	Water- Detectie en telling van enterococcon - Deel 1: Geminiaturiseerde methode (meest waarschijnlijke aantal) voor oppervlaktewater en afvalwater	1998 en correctie 2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 en 17 Bal en Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN-ISO 7899-2	Water - Detectie en telling van enterococcon - Deel 2: Membraanfiltratiemethode	2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 en 17 Bal en Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN-ISO 8467	Water - Bepaling van de permanganaatindex	1995	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 9308-1	Water - Telling van Escherichia coli en bacteriën van de coligroep - Deel 1: Methode met membraanfiltratie voor water met een lage achtergrondconcentratie aan bacteriën	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15
NEN-EN-ISO ISO 9308-3	Water - Detectie en telling van Escherichia coli en bacteriën van de coligroep in oppervlaktewater en afvalwater - Deel 3: Geminiaturiseerde	1999 en correctie 2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal en Hoofdstuk 12 van deze regeling

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
	<u>methode (meest waarschijnlijke aantal) door enting in een vloeibaar medium</u>			
NEN-EN-ISO 9377-2	Water - Bepaling van de minerale-olie-index - Deel 2: Methode met vloeistofextractie en gas-chromatografie	2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4, <u>6 en 7</u> Bal
NEN-EN-ISO 9562	Water - Bepaling van adsorbeerbare organisch gebonden halogenen (AOX)	2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 9963-1	Water - Bepaling van de alkaliniteit - Deel 1: Bepaling van de totale en de samengestelde alkaliniteit	1996	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 9963-2	Water - Bepaling van de alkaliniteit - Deel 2: Bepaling van de carbonaataalkaliniteit	1996	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 10301	Water - Bepaling van zeer vluchtige gehalogeneerde koolwaterstoffen - Gaschromatografische methoden	1997	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4, <u>6 en 7</u> Bal
NEN-EN-ISO 10304-1	Water - Bepaling van opgeloste anionen met vloeistofionchromatografie - Deel 1: Bepaling van bromide, chloride, fluoride, nitraat, nitriet, fosfaat en sulfaat	2009	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk <u>4 en 15</u> Bal
<u>NEN-EN-ISO 10304-3</u>	<u>Water - Bepaling van opgeloste anionen met vloeistofionchromatografie - Deel 3: Bepaling van chromaat, jodide, sulfiet, thiocynaat en thiosulfaat</u>	<u>1997</u>	<u>NNI (www.nen.nl)</u>	<u>Hoofdstuk 4 Bal</u>
NEN-EN-ISO 10304-4	Water - Bepaling van opgeloste anionen met vloeistofionchromatografie - Deel 4: Bepaling van het gehalte aan chloraat, chloride en chloriet in water met een lichte verontreiniging	1999	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 10523	Water - Bepaling van de pH	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 15 Bal
~~NEN-EN-ISO 11143~~	~~Tandheelkunde—Amalgaamscheiders~~	~~2008~~	~~NNI (www.nen.nl)~~	~~Hoofdstuk 4 Bal~~
NEN-EN-ISO 11731	Water - Telling van Legionella	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
NEN-EN-ISO 11732	Water - Bepaling van ammonium stikstof - Methode voor doorstroomanalyse (CFA en FIA) en spectrometrische detectie	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, <u>6</u> , <u>7</u> en 15 Bal
NEN-EN-ISO 11885	Water - Bepaling van geselecteerde elementen met atomaire-emissiespectrometrie met inductief gekoppeld plasma (ICP-AES)	2009	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 11969	Water - Bepaling van het arseengehalte - Methode met atomaire-absorptiespectrometrie (hydridetechniek)	1997	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 12354-3	<u>Bouwakoestiek - Bepaling van akoestische performance van gebouwen vanuit de performance van elementen - Deel 3: Isolatie tegen geluid van buiten</u> <u>Geluidwering in gebouwen—Berekening van de akoestische eigenschappen van gebouwen met de eigenschappen van de bouwelementen—Deel 3: Luchtgeluidisolatie tegen geluiden van buitenaf</u>	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 8 van deze regeling
NEN-EN-ISO 12846	Water - Bepaling van kwik - Methode met atomaire-absorptiespectrometrie met en zonder concentratie	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4, <u>6</u> en <u>7</u> Bal
NEN-EN-ISO 13395	Water - Bepaling van het stikstofgehalte in de vorm van nitriet en in de vorm van nitraat en de som van beide met doorstroomanalyse (CFA en FIA) en spectrometrische detectie	1997	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, <u>6</u> , <u>7</u> en 15 Bal
NEN-EN-ISO 14403-1	Water - Bepaling van het totale gehalte aan cyanide en het gehalte aan vrij cyanide met doorstroomanalyse (FIA en CFA) - Deel 1: Methode met doorstroominjectie analyse (FIA)	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
NEN-EN-ISO 15061	Water - Bepaling van opgelost bromaat - Methode met vloeistofchromatografie van ionen	2001	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 15587-1	Water - Ontsluiting voor de bepaling van geselecteerde elementen in water - Deel 1: Koningswater ontsluiting	2002	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4, <u>6 en 7</u> Bal
NEN-EN-ISO 15587-2	Water - Ontsluiting voor de bepaling van geselecteerde elementen in water - Deel 2: Ontsluiting met salpeterzuur	2002	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4, <u>6 en 7</u> Bal
NEN-EN-ISO 15680	Water - Gaschromatografische bepaling van een aantal monocyclische aromatische koolwaterstoffen, naftaleen en verscheidene gechloreerde verbindingen met 'purge-and-trap' en thermische desorptie	2003	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, <u>6, 7</u> en 15 Bal
NEN-EN-ISO 15681-1	Water - Bepaling van het gehalte aan orthofosfaat en het totale gehalte aan fosfor met behulp van doorstroomanalyse (FIA en CFA) - Deel 1: Methode met een doorstroominjectiesysteem (FIA)	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, <u>6, 7</u> en 15 Bal
NEN-EN-ISO 15681-2	Water - Bepaling van het gehalte aan orthofosfaat en het totale gehalte aan fosfor met behulp van doorstroomanalyse (FIA en CFA) - Deel 2: Methode met een continu doorstroomanalysesysteem (CFA)	2018	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, <u>6, 7</u> en 15 Bal
NEN-EN-ISO 15682	Water - Bepaling van het gehalte aan chloride met doorstroomanalyse (CFA en FIA) en fotometrische of potentiometrische detectie	2001	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 16000-2	Binnenlucht - Deel 2: Monsternemingsstrategie voor formaldehyde	2006	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN-ISO 16266	Water - Detectie en telling van Pseudomonas	2008	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
	aeruginosa - Methode met membraanfiltratie			
NEN-EN-ISO 16911-1	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de stroomsnelheid en het debiet in afgaskanalen - Deel 1: Handmatige referentiemethode	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 16911-2	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de stroomsnelheid en het debiet in afgaskanalen - Deel 2: Geautomatiseerde meetsystemen	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 17294-2	Water - Toepassing van massaspectrometrie met inductief gekoppeld plasma - Deel 2: Bepaling van geselecteerde elementen inclusief uranium isotopen	2016	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 , 7 en 15 Bal
NEN-EN-ISO 17852	Water - Bepaling van kwik - Methode met atomaire fluorescentiespectrometrie	2008	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4, 6 en 7 Bal
NEN-EN-ISO 17993	Water -- Bepaling van 15 polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) in water met HPLC met fluorescentiedetectie na vloeistof-vloeistof extractie	2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4, 7 en 7 Bal
NEN-EN-ISO/IEC 17020	Conformiteitsbeoordeling - Eisen voor het functioneren van verschillende soorten instellingen die keuringen uitvoeren	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO/IEC 17025	Algemene eisen voor de competentie van beproevings- en kalibratielaboratoria	2018	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4, 5 , 15 en 17 Bal
NEN-EN-ISO/IEC 17065	Conformiteitsbeoordeling - Eisen voor certificatie-instellingen die certificaten toekennen aan producten, processen en diensten	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4, 5 en 17 Bal
NEN-ISO 5663	Water - Bepaling van het gehalte aan Kjeldahl-stikstof - Methode na mineralisatie met seleen	1993	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4, 6 en 7 Bal
NEN-ISO 5664	Water - Bepaling van ammonium - Destillatie en titratie methode	2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
NEN-ISO 5813	Water - Bepaling van het gehalte aan opgeloste zuurstof - Iodometrische methode	1993	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-ISO 6059	Water - Bepaling van de som van calcium en magnesium - EDTA titrimetrische methode	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-ISO 6461-2	Water - Detectie en telling van de sporen van sulfietreducerende anaerobe micro-organismen (clostridia) - Deel 2: Methode door middel van membraanfiltratie	1993	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-ISO 7027	Water - Bepaling van de troebelheid	1994	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-ISO 7150-1	Water - Bepaling van ammonium - Deel 1: Handmatige spectrometrische methode	2002	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
~~NEN-ISO 9096~~	~~Emissie van stationaire bronnen - Bepaling van de concentratie aan vaste deeltjes~~	~~2017~~	~~NNI (www.nen.nl)~~	~~Hoofdstukken 6 en 7 Bal~~
NEN-ISO 10849	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de concentratie aan stikstofoxiden - Prestatiekenmerken van geautomatiseerde meetsystemen	1998	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-ISO 11083	Water - Bepaling van chroom (VI) - Spectrometrische methode met 1,5-difenylcarbazine	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-ISO 11338-1	Emissie van stationaire bronnen - Bepaling van de gas en deeltjesfase van polycyclische aromatische koolwaterstoffen - Deel 1: Monsterneming	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-ISO 11338-2	Emissie van stationaire bronnen - Bepaling van de gas en deeltjesfase van polycyclische aromatische koolwaterstoffen - Deel 2: Monsterbehandeling, reiniging en bepaling	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NEN-ISO 15705	Water - Bepaling van het chemisch zuurstofverbruik (ST-COD) - Kleinschalige gesloten buis methode	2003	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN-ISO 15713	Emissie van stationaire bronnen - Monsterneming en bepaling van het gasvormige fluoridegehalte	2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-ISO 15923-1	Waterkwaliteit - Bepaling van de ionen met een discreet analysesysteem en spectrofotometrische detectie - Deel 1: Ammonium, chloride, nitraat, nitriet, ortho-fosfaat, silicaat en sulfaat	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6, 7 en 15 Bal
NEN-ISO 16740	Werkplekatmosfeer - Bepaling van van het gehalte aan zeswaardig chroom in deeltjes in lucht - Methode door ion chromatografie en spectrofotometrische metingen met gebruik van difenyl carbazide	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-ISO 16772	Bodem - Bepaling van het gehalte aan kwik in koningswater bodemextracten met behulp van atomaire-absorptiespectrometrie met koude damp of atomaire fluorescentiespectrometrie met koude damp	2004	NNI (www.nen.nl)	Bijlage XXXI bij deze regeling
NEN-ISO 18073	Water - Bepaling van tetra- tot octa-gechloreerde dioxinen en furanen - Methode met isotoopverduunning-HRGC/HRMS	2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-ISO 22743	Water - Bepaling van sulfaat met een doorstroomanalysesysteem (CFA)	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NPR 7600	Toepassing van brandbare koudemiddelen in koelinstallaties en warmtepompen	2020	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NPR 7601	Toepassing van kooldioxide als koudemiddel in koelinstallaties en warmtepompen.	2020	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
NPR-CEN/TS 13649	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de massaconcentratie van individuele gasvormige organische componenten - Geactiveerde koolstof en vloeistofmethode	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NTA 5755	Bodem - Landbodem - Strategie voor het uitvoeren van nader onderzoek - Onderzoek naar de aard en omvang van bodemverontreiniging	2010	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 5 Bal
~~NTA 7379~~	~~Richtlijnen 'Predictive Emission Monitoring System' (PEMS) – Realisatie en kwaliteitsborging~~	~~2014~~	~~NNI (www.nen.nl)~~	~~Hoofdstuk 4 Bal~~
NTA 8029	Bepaling en registratie van industriële fijnstofemissies	2012 + C1:2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 5 Bal
NTA 8800	Energieprestatie van gebouwen - Bepalingsmethode	2022	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 3, 4 en 5 Bbl
NTA 9065	Luchtkwaliteit - Geurmetingen - Meten en rekenen geur	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 6 ~~en~~ 8 van deze regeling
NTA 9766	Veiligheidsaspecten van installaties voor monomestvergisting en vergistingsgasopwerking op boerderijschaal	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NVN 7125	Energieprestatienorm voor maatregelen op gebiedsniveau (EMG) – Bepalingsmethode	2011 (Bij toepassing van artikel 4.151 van het Besluit bouwwerken leefomgeving geldt versie 2017)	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NVN 11400-0	Windturbines - Deel 0: Voorschriften voor typecertificatie - Technische eisen	1999 + A1:2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
Overzicht Interventiewaarden	Overzicht Interventiewaarden	2018	RIVM (www.rivm.nl)	Hoofdstuk 8 van deze regeling
PGS 7	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 7, Vaste minerale anorganische meststoffen – Opslag – Richtlijn voor de veilige opslag van	Versie 1.0, februari 2022	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	~~Hoofdstukken 3 en 4 Bal en Bijlage XVIII Bkl~~ ~~Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl~~

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	vaste minerale anorganische meststoffen			
PGS 8	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 8, Organische peroxiden – Opslag – Richtlijn voor het veilig opslaan van organische peroxiden	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 9	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 9, Cryogene gassen – Opslag van 0,150 m3 – 100 m3 – Richtlijn voor de veilige opslag van cryogene gassen	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 12	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 12, Ammoniak – Opslag en verlading – Richtlijn voor het veilig opslaan en verladen van ammoniak	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Bijlage XVIII Bkl
PGS 13	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 13, Ammoniak als koudemiddel in koelinstallaties en warmtepompen – Richtlijn voor veilig gebruik van ammoniak als koudemiddel in koelinstallaties en warmtepompen	Versie 1.0, september 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 15	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 15, Opslag van verpakte gevaarlijke stoffen – Richtlijn voor opslag en tijdelijke opslag met betrekking tot brandveiligheid, arbeidsveiligheid en milieuveiligheid	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 16	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 16, LPG: Afleverinstallaties, vulinstallaties en skid-installaties – Richtlijn voor het veilig opslaan en afleveren van LPG en het veilig vullen van gasflessen en ballonvaarttanks, ingebouwde reservoirs en wisselreservoirs met vulinstallaties	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
PGS 18	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 18, LPG: depots, butaan, propaan en hun mengsels	Versie 1.0, 2013	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Bijlage XVIII Bkl
PGS 19	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 19, Propaan – Opslag – Richtlijn voor de veilige opslag van propaan, propeen en butaan en mengsels daarvan	Versie 1.0, september 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 22	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 22, Toepassing van propaan, Richtlijn voor de brandveilige, arbeidsveilige en milieuveilige toepassing van propaan	Versie 1.10, 2008	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Bijlage XVIII Bkl
PGS 25	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 25, Aardgas-afleverinstallaties voor motorvoertuigen – Richtlijn voor de arbeidsveilige, milieuveilige en brandveilige toepassing van installaties voor het afleveren van aardgas aan motorvoertuigen	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 26	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 26, CNG en LNG – Richtlijn voor het veilig bedrijfsmatig stallen, onderhouden en repareren van motorvoertuigen	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 28	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 28, Vloeibare brandstoffen in ondergrondse installaties en aflevertuistellen – Richtlijn voor het veilig opslaan en afleveren van vloeibare brandstoffen in/vanuit ondergrondse tanks en voor het veilig verwijderen van ondergrondse opslagtanks	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 29	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 29, Brandbare vloeistoffen – Opslag – Richtlijn voor de veilige bovengrondse	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Bijlage XVIII Bkl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
	opslag van brandbare vloeistoffen in verticale cilindrische tanks			
PGS 30	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 30, Vloeibare brandstoffen in bovengrondse tank- en afleverinstallaties – Richtlijn voor het veilig vullen, opslaan, afleveren van vloeibare brandstoffen in en vanuit bovengrondse tanks en het verwijderen van bovengrondse opslagtanks	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 31	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 31, Overige gevaarlijke vloeistoffen: opslag in ondergrondse en bovengrondse tankinstallaties	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 32	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 32, Richtlijn voor de bovengrondse opslag van explosieven voor civiel gebruik	Versie 1.0, 2016	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Bijlage XVIII Bkl
PGS 33-1	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 33-1, Afleverinstallaties van vloeibaar aardgas (LNG) voor voertuigen en werktuigen – Richtlijn voor de veilige aflevering aan voertuigen en werktuigen	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 33-2	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 33-2, Aardgas afleverinstallaties van vloeibaar aardgas (LNG) voor vaartuigen en drijvende werktuigen – Bunkeren van vaartuigen en drijvende werktuigen (shore to ship)	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 35	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 35, Waterstofinstallaties voor het afleveren van waterstof aan voertuigen en werktuigen – Richtlijn voor de arbeidsveilige, milieuveilige en	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
	brandveilige toepassing van installaties voor het afleveren van waterstof aan voertuigen en werktuigen			
PreSRM	Preprocessor Standaard Rekenmethoden	Versie 1.702, 01-06-2017	TNO (www.presrm.nl)	Hoofdstukken 8 en 12 van deze regeling
Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij	Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij	Versie 2013a	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (www.rvo.nl)	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Protocol voor meting van fijnstofemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij	Protocol voor meting van fijnstofemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij	2010	Wageningen UR Livestock Research (www.edepot.wur.nl) www.research.wur.nl)	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Protocol voor meting van geuremissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij	Protocol voor meting van geuremissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij	2010	Wageningen UR Livestock Research (www.research.wur.nl) www.edepot.wur.nl)	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Rekenmodel Vee-combistof	Rekenmodel Vee-combistof	Versie 2.0, 2021	IPLO (www.iplo.nl)	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid	Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid	Oktober 2020	RIVM (https://omgevingsveiligheid.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 8 en 12 van deze regeling
~~Risicotoolbox bodem~~	~~Risicotoolbox bodem~~	~~Versie 1.0.0~~	~~RIVM (www.risicotoolboxbodem.nl)~~	~~Hoofdstuk 8 van deze regeling~~
Richtlijn Boortechneken en open ontgraving voor kabels en leidingen	Richtlijn Boortechneken en open ontgraving voor kabels en leidingen	Juni 2019	Rijkswaterstaat (http://publicaties.minienm.nl)	Hoofdstuk 8 Bal en Hoofdstuk 7 van deze regeling
Richtlijn decontaminatie apparatuur ziekenhuisafval	Richtlijn decontaminatie apparatuur ziekenhuisafval	Staatscourant 2007, nr. 189, 01-10-2007	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.rijksoverheid.nl)	Bijlage II bij het Bal
Richtlijn drainagesystemen en controlesystemen grondwater voor stort- en opslagplaatsen	Richtlijn drainagesystemen en controlesystemen grondwater voor stort- en opslagplaatsen;	Februari 1993	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.bodemplusiplo.nl)	Hoofdstuk 9 van deze regeling
Richtlijn geohydrologische isolatie van bestaande stortplaatsen	Richtlijn geohydrologische isolatie van bestaande stortplaatsen	Juli 1997	Vereniging van Afvalverwerkers (www.bodemplusiplo.nl)	Hoofdstuk 9 van deze regeling
Richtlijn onderafdichtingen voor stort- en opslagplaatsen	Richtlijn onderafdichtingen voor stort- en opslagplaatsen	Februari 1993	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.bodemplusiplo.nl)	Hoofdstuk 9 van deze regeling
Richtlijn voor dichte eindafwerking op afval- en reststofbergingen	Richtlijn voor dichte eindafwerking op afval- en reststofbergingen	Juli 1991	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.bodemplusiplo.nl)	Hoofdstuk 9 van deze regeling

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
Riooloverstorten deel 1: Knelpuntcriteria riooloverstorten	Riooloverstorten deel 1: Knelpuntcriteria riooloverstorten	Juni 2001	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Bijlage XVIII Bkl
Riooloverstorten deel 2: Eenduidige basisinspanning	Riooloverstorten deel 2: Eenduidige basisinspanning	Juni 2001	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Bijlage XVIII Bkl
Riooloverstorten deel 3: Model voor vergunningverlening riooloverstorten	Riooloverstorten deel 3: Model voor vergunningverlening riooloverstorten	Juni 2001	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Bijlage XVIII Bkl
Riooloverstorten deel 4a: Nadere uitwerking monitoring riooloverstorten, spoor 1	Riooloverstorten deel 4a: Nadere uitwerking monitoring riooloverstorten, spoor 1	September 2002	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Bijlage XVIII Bkl
Riooloverstorten deel 4b: Nadere uitwerking monitoring riooloverstorten, fase B	Riooloverstorten deel 4b: Nadere uitwerking monitoring riooloverstorten, fase B	April 2003	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Bijlage XVIII Bkl
Risicotoolbox bodem	Risicotoolbox bodem	Versie 1.0.0	RIVM (www.risicotoolboxbodem.nl)	Hoofdstuk 8 van deze regeling
Safeti-NL	Safeti-NL	Versie 8, 2021	RIVM (www.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 7 , 8 , 9 en 12 van deze regeling
SBR Handreiking Hoogbouw	Handreiking Brandveiligheid in hoge gebouwen	2014	CROW (www.crow.nl)	Bbl
~~SBR-publicatie-248~~	~~Constructieve veiligheid van uitkragende platen~~	~~2014—tweede herziene uitgave~~	~~Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (www.rijksoverheid.nl)~~	~~Hoofdstuk 5 van deze regeling~~
SIKB Protocol 6802	Protocol WBM-controle, Controle op water/bezinksel/micro-organismen in onder- of bovengrondse tanks	Versie 2.0, 15-02-2018	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
Standaardrekenmethode luchtkwaliteit 1	Technische beschrijving van standaardrekenmethode 1 (SRM1) voor luchtkwaliteitsberekening en, RIVM Briefrapport 2014-0127	01-08-2015	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.rivm.nl)	Hoofdstukken 8 en 12 van deze regeling
Standaardrekenmethode luchtkwaliteit 2	Technische beschrijving van standaardrekenmethode 2 (SRM2) voor luchtkwaliteitsberekening en, RIVM Briefrapport 2014-0109	01-08-2015	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.rivm.nl)	Hoofdstukken 8 en 12 van deze regeling
Standaardrekenmethode luchtkwaliteit 3	Het nieuw nationaal model. Model voor de verspreiding van luchtverontreiniging uit bronnen over korte afstanden en het rapport aanvullende afspraken NNM	01-03-2002	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.infomil.nl)	Hoofdstukken <u>6</u> , 8 en 12 van deze regeling
Stappenplan bepalen brandaandachtsgebieden	Stappenplan bepalen brandaandachtsgebieden	Februari 2020	RIVM (https://omgevingsveiligheid.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 8 en 12 van deze regeling
Stappenplan bepalen explosieaandachtsgebieden	Stappenplan bepalen explosieaandachtsgebieden	Februari 2020	RIVM (https://omgevingsveiligheid.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 8 en 12 van deze regeling
Stappenplan bepalen gifwolkaandachtsgebieden	Stappenplan bepalen gifwolkaandachtsgebieden	Februari 2020	RIVM (https://omgevingsveiligheid.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 8 en 12 van deze regeling
Stowa-rapport voor natuurlijke watertypen	Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2015–2021, Stowa rapport 2012-31	2012	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (Stowa)	Hoofdstuk 2 Bkl
Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006	Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006	21 december 2006	CROW (www.infomil.nl)	Bijlage IVf bij deze regeling
Toelichting op toepassen van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid	TNO-rapport. TNO 2014 R10135 1.1. Toelichting op toepassen van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid	11-11-2015	TNO (www.infomil.nl)	Bijlagen XVIIIf en XVIIId bij deze regeling
V 1041	Leidraad voor den aanleg en een veilig bedrijf van elektrische sterkstroominstallaties in fabrieken en werkplaatsen (Fabrieksvoorschriften) – Deel II – Hooge spanning (bestaande bouw)	1942	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
Verspreidingsmodel V-Stacks vergunning	Verspreidingsmodel V-Stacks vergunning	2020	IPLO (www.iplo.nl)	Hoofdstukken 6 en 8 van deze regeling
Verwerking waterfractie gevaarlijke en niet-gevaarlijke afvalstoffen	Verwerking waterfractie gevaarlijke en niet-gevaarlijke afvalstoffen	April 2001	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Bijlage XVIII Bkl
Voorschrift monitoring veiligheid andere dan primaire waterkeringen in beheer bij het Rijk	Voorschrift monitoring veiligheid andere dan primaire waterkeringen in beheer bij het Rijk	Versie 3, 2020	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwateriplo.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
Voorwaarden en Normen Nationale Hypotheekgarantie	Voorwaarden en Normen	~~2019-1~~ 2022-1	Stichting Waarborgfonds Eigen Woningen (www.nhg.nl)	Hoofdstuk 5 Bkl

¹ Bal: Besluit activiteiten leefomgeving; Bbl: Besluit bouwwerken leefomgeving; Bkl: Besluit kwaliteit leefomgeving.

BIJLAGE III BIJ HOOFDSTUK 2 VAN DEZE REGELING (VERWIJZING NAAR GML-BESTANDEN VOOR WERKINGSGEBIEDEN)

LEGENDA: Artikel	Noemer
	Indicatief/exact
	GIO-id¹
2.2, eerste lid	De geometrische begrenzing van de oppervlaktewaterlichamen in het beheer van het Rijk
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2021/or_oppervlaktewaterlichamen/nld@2022-10-01
2.2, tweede lid	Geometrische begrenzing oppervlaktewaterlichamen beheer van de waterkwaliteit
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_waterkwaliteit/nld@2022-10-01
2.2, derde lid	Geometrische begrenzing oppervlaktewaterlichamen beheer van de waterkwantiteit
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_waterkwantiteit/nld@2022-10-01
2.2, vierde lid	Geometrische begrenzing oppervlaktewaterlichamen waterstaatkundig beheer
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_waterstaatkundig_beheer/nld@2022-10-01
2.3, eerste lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing waterstaatskundig beheer rijkswateren niet tot het Rijk behorende openbare lichamen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_rijkswater_niet_beheerRijk/nld@2020-10-01
2.3, tweede lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing waterstaatkundig beheer rijkswateren voor het voorkomen van schade door muskus- en beverratten
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_waterstaatkundig_beheer
2.4	Geometrische begrenzing primaire waterkeringen en andere dan primaire waterkeringen in beheer bij het Rijk
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2021/or_waterkeringenRijk/nld@2021-07-01
2.7	Geometrische begrenzing kustfundament
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_kustfundament/nld@2020-10-01
2.8, eerste lid	Geometrische begrenzing rivierbed grote rivieren
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_rivierbed/nld@2021-07-01
2.8, tweede lid	Geometrische begrenzing stroomvoerend deel rivierbed grote rivieren
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_rivierbed_stroomvoerend_deel/nld@2021-07-01
2.8, derde lid	Geometrische begrenzing bergend deel rivierbed grote rivieren
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_rivierbed_bergend_deel/nld@2022-10-01
2.9, eerste lid	Geometrische begrenzing reserveringsgebieden voor de lange termijn Rijntakken
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_reservering_rijntakken/nld@2020-10-01
2.9, tweede lid	Geometrische begrenzing reserveringsgebieden voor de lange termijn Maas
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_reservering_maas/nld@2022-01-15
2.10	Geometrische begrenzing van het IJsselmeergebied
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_ijsselmeergebied/nld@2020-10-01

LEGENDA: Artikel	Noemer
	Indicatief/exact
	GIO-id¹
2.11, eerste lid	Geometrische begrenzing van de PKB-Waddenzee
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_pkb_waddenzee/nld@2020-10-01
2.11, tweede lid	Geometrische begrenzing van het Waddengebied
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_waddengebied/nld@2020-10-01
2.12	Geometrische begrenzing vrijwaringsgebieden rijksvaarwegen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_vrijwaringsgebieden_rijksvaarwegen/nld@2022-10-01
2.13	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebieden oppervlaktewaterlichamen in beheer bij het Rijk, niet zijnde kanalen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_oppervlaktewaterlichaam_geen_kanalen/nld@2022-10-01
2.14	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebieden kanalen in beheer bij het Rijk
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebieden_kanalen/nld@2022-10-01
2.15	Geometrische begrenzing beperkingengebieden vaarwegen in beheer bij het Rijk
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_vaarwegen/nld@2020-10-01
2.16	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebieden oppervlaktewaterlichamen in beheer bij het Rijk afmeren woonschip of ander drijvend werk
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_rivierbed_stroomvoerend_deel
2.17	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebieden waterkeringen in beheer bij het Rijk
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_waterkeringen_rijk/nld@2021-07-01
2.18	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebied Noordzee
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_noordzee/nld@2022-10-01
2.19 eerste lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebied Noordzee - buiten de zone tussen de duinvoet en laagwaterlijn
	Indicatief
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_Noordzee_vanaf_laagwaterlijn/nld@2021-07-01
2.19 tweede lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebied Noordzee - zone tussen duinvoet en laagwaterlijn
	Indicatief
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_duinvoet_laagwaterlijn/nld@2021-07-01
2.20	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebieden installaties in de Noordzee
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_nz_installaties_nietmijnbouw/nld@2020-10-01
2.21	Aanwijzing en geometrische begrenzing gebied zeewaarts van de doorgaande NAP-min 20 meterdieptelijn
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_zeewaarts_gebied/nld@2020-10-01
2.22, eerste lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing in verband met mijnbouwlocatieactiviteiten, oefen- en schietgebieden
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_mijnbouwlocatieactiviteiten_NZ_oefen_schietgebieden/nld@2022-01-15
2.22, tweede lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing in verband met mijnbouwlocatieactiviteiten, drukbevaren delen van de zee
	Exact

LEGENDA: Artikel	Noemer
	Indicatief/exact
	GIO-id¹
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_mijnbouwlocatieactiviteiten_NZ_drukbevaren_delen/nld@2022-01-15
2.22, derde lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing in verband met mijnbouwlocatieactiviteiten, aanloopgebieden
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_mijnbouwlocatieactiviteiten_NZ_aanloopgebieden/nld@2020-10-01
2.22, vierde lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing in verband met mijnbouwlocatieactiviteiten, ankergebieden in de buurt van aanloophavens
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_mijnbouwlocatieactiviteiten_NZ_ankergebieden/nld@2020-10-01
2.26, eerste lid	Geometrische begrenzing civiele explosieaandachtsgebieden A
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_civiele_explosieaandachtsgebieden_zoneA/nld@2020-10-01
2.26, tweede lid	Geometrische begrenzing civiele explosieaandachtsgebieden B
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_civiele_explosieaandachtsgebieden_zoneB/nld@2020-10-01
2.26, derde lid	Geometrische begrenzing civiele explosieaandachtsgebieden C
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_civiele_explosieaandachtsgebieden_zoneC/nld@2020-10-01
2.26, vierde lid	Geometrische begrenzing civiele opslagplaatsen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_civiele_opslagplaatsen/nld@2020-10-01
2.27, eerste lid	Geometrische begrenzing militaire explosieaandachtsgebieden A
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2022/or_militaire_explosieaandachtsgebieden/nld@2022-01-15
2.27, tweede lid	Geometrische begrenzing militaire explosieaandachtsgebieden B
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2022/or_militaire_explosieaandachtsgebieden/nld@2022-01-15
2.27, derde lid	Geometrische begrenzing militaire explosieaandachtsgebieden C
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2022/or_militaire_explosieaandachtsgebieden/nld@2022-01-15
2.28, eerste lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing reserveringsgebieden voor de uitbreiding van een autoweg of autosnelweg
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_reserveringsgebieden_uitbreiding_hoofdwegen/nld@2022-01-15
2.28, tweede lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing reserveringsgebieden voor de aanleg van een autoweg of autosnelweg
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_reserveringsgebieden_nieuwe_autowegen/nld@2022-01-15
2.28, derde lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing reserveringsgebieden voor de aanleg van een hoofdspoorweg
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_reserveringsgebieden_nieuwe_hoofdspoorwegen/nld@2020-10-01
2.29, eerste lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebieden wegen in beheer bij het Rijk
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_wegen_rijk/nld@2022-10-01

LEGENDA: Artikel	Noemer
	Indicatief/exact
	GIO-id¹
2.29, tweede lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebieden wegen in beheer bij het Rijk die horen bij een verzorgingsplaats
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_wegen_rijk_verzorgingsplaatsen/nld@2020-10-01
2.30, eerste lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebieden hoofdspoorwegen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_hoofdspoorwegen/nld@2021-07-01
2.30, tweede lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing kernzones van beperkingengebieden hoofdspoorwegen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_hoofdspoor_kernzone/nld@2021-07-01
2.30, derde lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing overwegzones van beperkingengebieden hoofdspoorwegen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_hoofdspoor_overwegen/nld@2021-07-01
2.30, vierde lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing beschermingszones van beperkingengebieden hoofdspoorwegen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_hoofdspoor_beschermingszone/nld@2021-07-01
2.31, eerste lid	Geometrische begrenzing gebieden waar bouwwerken apparatuur van luchthavens kunnen verstoren
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_verstoringsgebieden_buiten_burgerluchthavens_geen_bouwwerken/nld@2020-10-01
2.31, tweede lid	Geometrische begrenzing maximaal toelaatbare hoogte voor bouwwerken buiten beperkingengebieden luchthavens
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_verstoringsgebieden_buiten_burgerluchthavens_bouwwerken/nld@2020-10-01
2.31, derde lid	Geometrische begrenzing maximaal toelaatbare hoogte voor windturbines buiten beperkingengebieden luchthavens
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_verstoringsgebieden_buiten_burgerluchthavens_windturbines/nld@2020-10-01
2.31, vierde lid	Geometrische begrenzing gebieden waar bouwwerken het civiele radarbeeld kunnen verstoren
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_defensie_radarverstoringsgebied_bouwwerken/nld@2020-10-01
2.31, vijfde lid	Geometrische begrenzing van gebieden waar windturbines het civiele radarbeeld kunnen verstoren
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_defensie_radarverstoringsgebied_windturbines/nld@2020-10-01
2.32, eerste lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing reserveringsgebieden buisleidingen van nationaal belang
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_buisleidingen_reserveringsgebieden/nld@2022-01-15
2.32, tweede lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing zoekgebieden buisleidingen van nationaal belang
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_buisleidingen_zoekgebieden/nld@2020-10-01
2.33, eerste lid	Geometrische begrenzing aanleggebied Maasvlakte 2
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_PMR_landaanwinningsgebied_Maasvlakte2/nld@2020-10-01
2.33, tweede lid	Geometrische begrenzing aanleggebied compensatie van open droog duin en natte duinvallei
	Exact

LEGENDA: Artikel	Noemer
	Indicatief/exact
	GIO-id¹
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_PMR_compensatie_opendroog_duin/nld@2020-10-01
2.33, derde lid	Geometrische begrenzing aanleggebied compensatie van zeenatuur
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_PMR_compensatie_verlies_zeenatuur/nld@2020-10-01
2.34, eerste lid	Geometrische begrenzing openbaar toegankelijk natuur- en recreatiegebied Midden-IJsselmonde
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_PMR_natuur_recreatie_IJsselmonde/nld@2020-10-01
2.34, tweede lid	Geometrische begrenzing openbaar toegankelijk natuur- en recreatiegebied Schiebroekse en Zuidpolder
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_PMR_natuur_recreatie_Schiebroek_Zuidpolder/nld@2020-10-01
2.34, derde lid	Geometrische begrenzing openbaar toegankelijk natuur- en recreatiegebied Schiezone
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_PMR_natuur_recreatie_Schiezone/nld@2020-10-01
2.35	Geometrische begrenzing reserveringsgebied parallelle Kaagbaan
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_reserveringsgebied_parallelle_Kaagbaan/nld@2020-10-01
2.36, eerste lid	Geometrische begrenzing locaties voor grootschalige elektriciteitsopwekking
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_elektriciteit_locaties_grootschalige_opwekking/nld@2020-10-01
2.36, tweede lid	Geometrische begrenzing locaties voor een kernenergiecentrale
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_elektriciteit_vestigingsplaats_kernenergie/nld@2020-10-01
2.36, derde lid	Geometrische begrenzing locaties voor het gebied binnen een straal van één km rondom een kernenergiecentrale
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_elektriciteit_waarborgzones_kernenergie/nld@2020-10-01
2.36, vierde lid	Geometrische begrenzing locaties voor een hoogspanningsverbinding met een spanning van ten minste 220 kV
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_elektriciteit_hoogspanningsverbindingen/nld@2020-10-01
2.37	Geometrische begrenzing uitgezonderde locaties niet in betekenende mate luchtkwaliteit
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_uitgezonderde_locaties_luchtkwaliteit/nld@2020-10-01
2.41, eerste lid	Geometrische begrenzing militaire terreinen en terreinen met een militair object
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_defensie_terreinen_objecten/nld@2022-04-01
2.41, tweede lid	Geometrische begrenzing van de onveilige gebieden bij militaire schietbanen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_defensie_terreinen_schietbanen/nld@2022-01-15
2.41, derde lid	Geometrische begrenzing van de gebieden waar bouwwerken een militaire zend- en ontvangstinstallatie kunnen verstoren
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_defensie_verstoring_zend_ontvangstinstallaties/nld@2020-10-01
2.41, vierde lid	Geometrische begrenzing van gebieden waar zich een militaire laagvliegroute bevindt
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_defensie_laagvliegroutes_transportvliegtuigen/nld@2020-10-01
2.41, vijfde lid	Geometrische begrenzing van gebieden waar bouwwerken het militaire radarbeeld kunnen verstoren
	Exact

LEGENDA: Artikel	Noemer
	Indicatief/exact
	GIO-id¹
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_defensie_radarverstoringsgebied_bouwwerken/nld@2020-10-01
2.41, zesde lid	Geometrische begrenzing van gebieden waar windturbines het militaire radarbeeld kunnen verstoren
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_defensie_radarverstoringsgebied_windturbines/nld@2020-10-01
2.42, eerste lid	Geometrische begrenzing van de Droogmakerij de Beemster
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_werelderfgoed_Beemster/nld@2020-10-01
2.42, tweede lid	Geometrische begrenzing van de Stelling van Amsterdam
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_werelderfgoed_Stelling_van_Amsterdam/nld@2020-10-01
2.42, derde lid	Geometrische begrenzing van de Nieuwe Hollandse Waterlinie
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_werelderfgoed_Nieuwe_Hollandse_Waterlinie/nld@2020-10-01
2.42, vierde lid	Geometrische begrenzing van de Romeinse Limes
	Indicatief
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_werelderfgoed_Romeinse_Limes/nld@2020-10-01
2.42, vijfde lid	Geometrische begrenzing van de Koloniën van Weldadigheid
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_werelderfgoed_Kolonien_van_Weldadigheid/nld@2020-10-01
2.43, eerste lid	Geometrische begrenzing herkomstgebieden mijnsteen en vermengde mijnsteen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/OrBodemMijnsteenHerkomstgebieden/nld@2020-12-01
2.43, tweede lid	Geometrische begrenzing toepassingsgebieden mijnsteen en vermengde mijnsteen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/OrBodemMijnsteenToepassingsgebieden/nld@2020-12-01

¹ Het GML-bestand voor de werkingsgebieden is via Internet raadpleegbaar door de URL

<https://identifier.officielebekendmakingen.nl/join/..> te zetten (bijvoorbeeld

https://identifier.officielebekendmakingen.nl/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_waterkwaliteit/nld@2023-01-15

https://identifier.officielebekendmakingen.nl/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_waterkwaliteit/nld@2019-11-01).

BIJLAGE IVa BIJ ARTIKEL 2.29a VAN DEZE REGELING (RIJKSWEGEN VOOR BEHEERSING VAN GELUID)

	Amsterdam – Amersfoort – Apeldoorn – Oldenzaal – Duitsland
A1	knooppunt Watergraafsmeer – knooppunt Diemen – knooppunt Muiderberg – knooppunt Eemnes – knooppunt Hoevelaken – Barneveld – knooppunt Beekbergen – knooppunt Azelo
	Het wegdeel tussen knooppunt Azelo en knooppunt Buren is aangegeven als A35 (zie Rijksweg 35)
A1	knooppunt Buren – Duitse grens
	Amsterdam – Utrecht – Eindhoven – Weert – Maastricht – België
A2	knooppunt Amstel – knooppunt Holendrecht – knooppunt Oudenrijn – knooppunt Everdingen – knooppunt Deil – knooppunt Empel – knooppunt Hintham – knooppunt Vught – knooppunt Ekkersweijer
A2/N2	knooppunt Ekkersweijer- knooppunt Batadorp – knooppunt De Hogt – knooppunt Leenderheide
A2	knooppunt Leenderheide – knooppunt Het Vonderen – knooppunt Kerensheide – knooppunt Kruisdonk – aansluiting Maastricht-Centrum Noord
N2	aansluiting Maastricht-Centrum Noord – aansluiting Maastricht-Centrum Zuid
A2	aansluiting Maastricht-Centrum Zuid – Belgische grens
	Papendrecht – Dordrecht
N3	aansluiting Papendrecht – aansluiting 's-Gravendeel
	Amsterdam – 's-Gravenhage – Rotterdam – Bergen op Zoom – België
A4	knooppunt De Nieuwe Meer – knooppunt Badhoevedorp – knooppunt De Hoek – knooppunt Burgerveen – aansluiting Zoeterwoude-Rijndijk – knooppunt Prins Clausplein – knooppunt Ypenburg – knooppunt Kethelplein – knooppunt Benelux
A29	knooppunt Vaanplein – knooppunt Hellegatsplein
A29/A59	knooppunt Hellegatsplein – knooppunt Sabina
A4/A29	knooppunt Sabina – knooppunt Zoomland
A4/A58	knooppunt Zoomland – knooppunt Markiezaat
A4	knooppunt Markiezaat – Belgische grens
	Hoofddorp – Zwanenburg
A5	knooppunt De Hoek – knooppunt Raasdorp – knooppunt Coenplein

	Muiderberg – Lelystad – Emmeloord – Joure
A6	knooppunt Muiderberg – knooppunt Almere – knooppunt Emmeloord – knooppunt Joure
	Zaanstad – Purmerend – Den Oever – Zurich – Groningen – Duitsland
A7	Zaandam (vanaf kilometer 4,0) – knooppunt Zaandam – aansluiting Den Oever – knooppunt Zurich – aansluiting IJlst
N7	aansluiting IJlst – aansluiting Sneek-Oost
A7	aansluiting Sneek-Oost – knooppunt Joure
A7	knooppunt Joure – knooppunt Heerenveen – aansluiting Drachten – knooppunt Julianaplein
N7	knooppunt Julianaplein – knooppunt Euvelgunne – aansluiting Westebroek
A7	aansluiting Westebroek – knooppunt Zuidbroek – Duitse grens
	Amsterdam – Zaanstad – Beverwijk
A8	knooppunt Coenplein – knooppunt Zaandam – aansluiting Zaanstad-Noord
	Diemen – Badhoevedorp – Haarlem – Alkmaar – Den Helder
A9	knooppunt Diemen – knooppunt Holendrecht – knooppunt Badhoevedorp – knooppunt Raasdorp – knooppunt Rottepolderplein – knooppunt Velsen – knooppunt Beverwijk – knooppunt Kooimeer
N9	knooppunt Kooimeer – Aansluiting N99
	Ringweg Amsterdam
A10	knooppunt Coenplein – knooppunt Watergraafsmeer – knooppunt Nieuwe Meer
	Leiden – Alphen a/d Rijn – Bodegraven
N11	aansluiting Zoeterwoude-Rijndijk – knooppunt Bodegraven
	's-Gravenhage – Utrecht – Arnhem – Duitsland
A12	's-Gravenhage (vanaf kilometer 3,3) – knooppunt Prins Clausplein – knooppunt Gouwe – knooppunt Bodegraven – knooppunt Oudenrijn – knooppunt Lunetten – knooppunt Maanderbroek – knooppunt Grijsoord
A12/A50	knooppunt Grijsoord – knooppunt Waterberg
A12	knooppunt Waterberg – knooppunt Velperbroek – knooppunt Oud-Dijk – Duitse grens

	's-Gravenhage – Rotterdam
A13	knooppunt Ypenburg – knooppunt Doenkade – knooppunt Kleinpolderplein
	Wassenaar – Leidschendam – 's-Gravenhage
N14	Wittenburgerweg – aansluiting N44- aansluiting Leidschendam
	Oostvoorne – Rotterdam – Rijksweg 12 – Babberich – Doetinchem – Enschede
A15	aansluiting Oostvoorne (vanaf kilometer 25,1) – aansluiting Brielle – knooppunt Benelux – knooppunt Vaanplein – knooppunt Ridderkerk-Noord
A15/A16	knooppunt Ridderkerk-Noord – knooppunt Ridderkerk-Zuid
A15	knooppunt Ridderkerk-Zuid – aansluiting Papendrecht – knooppunt Gorinchem – knooppunt Deil – knooppunt Valburg – knooppunt Ressen – Rijksweg 12
A18	knooppunt Oud-Dijk – Varsseveld
N18	Varsseveld – aansluiting A35
	Rotterdam – Dordrecht – Breda – België
A16	knooppunt Doenkade – knooppunt Terbregseplein – knooppunt Ridderkerk-Noord
A16/A15	knooppunt Ridderkerk-Noord – knooppunt Ridderkerk-Zuid
A16	knooppunt Ridderkerk-Zuid – aansluiting N3 – knooppunt Klaverpolder
A16/A59	knooppunt Klaverpolder – knooppunt Zonzeel
A16	knooppunt Zonzeel – knooppunt Princeville
A16/A58	knooppunt Princeville – knooppunt Galder
A16	knooppunt Galder – Belgische grens
	Moerdijk – Roosendaal
A17/A59	knooppunt Klaverpolder – knooppunt Noordhoek
A17	knooppunt Noordhoek – knooppunt De Stok
	Maasdijk – Rotterdam – Gouda
A20	aansluiting Westerlee- knooppunt Kethelplein – knooppunt Kleinpolderplein – knooppunt Terbregseplein- knooppunt Gouwe
	Velsen – Beverwijk

A22	knooppunt Velsen – knooppunt Beverwijk
	Rotterdam – Vlaardingen
A24	aansluiting A15 – Aansluiting A20
	Breda – Gorinchem – Utrecht – Almere
A27	knooppunt St.Annabosch – knooppunt Hooipolder – knooppunt Gorinchem – knooppunt Everdingen – knooppunt Lunetten – knooppunt Rijnsweerd – knooppunt Eemnes – knooppunt Almere
	Utrecht – Amersfoort – Zwolle – Assen – Groningen
A28	knooppunt Rijnsweerd – knooppunt Hoevelaken – knooppunt Hattemerbroek – knooppunt Lankhorst – knooppunt Hoogeveen – knooppunt Assen -knooppunt Julianaplein
	Rotterdam – Klaaswaal
A29	knooppunt Vaanplein – Klaaswaal
	Het wegdeel tussen Klaaswaal en knooppunt Sabina valt onder A4 (zie Rijksweg 4).
	Ede – Barneveld
A30	knooppunt Maanderbroek – aansluiting Barneveld
	Zurich – Leeuwarden – Drachten
N31	knooppunt Zurich – aansluiting Midlum
A31	aansluiting Midlum – aansluiting Marssum
N31	aansluiting Marssum – knooppunt Werpsterhoek – aansluiting Drachten
	Meppel – Heerenveen – Leeuwarden
A32	knooppunt Lankhorst – knooppunt Heerenveen – aansluiting Wirdum
N32	aansluiting Wirdum – knooppunt Werpsterhoek
	Assen – Zuidbroek – Eemshaven
N33	knooppunt Assen – knooppunt Zuidbroek – Eemshaven (tot kilometer 77,2)
	Wierden – Enschede – Duitse grens

N35	de N35 van Zwolle tot Wierden valt onder de administratieve noemer Rijksweg 835, zie verder aldaar.
A35	aansluiting Wierden – aansluiting Almelo-West – knooppunt Azelo
A35/A1	knooppunt Azelo – knooppunt Buren
A35	knooppunt Buren – aansluiting Enschede-West – Enschede
N35	Enschede – Duitse grens
	Almelo – Dedemsvaart
N36	aansluiting Almelo-West – aansluiting N48
	Hoogeveen – Duitse grens
A37	knooppunt Hoogeveen – knooppunt Holsloot – Duitse grens
	Ridderkerk – Rotterdam
–	Ridderkerk Rotterdamseweg – knooppunt Ridderkerk
	Burghave – Wassenaar – ’s-Gravenhage
A44	knooppunt Burghave – Wassenaar
N44	Wassenaar – ’s-Gravenhage (tot kilometer 27,4)
	Groningen
N46	knooppunt Euvelgunne – aansluiting Driebond
	Ommen – Hoogeveen
N48	aansluiting N36 – knooppunt Hoogeveen
	Eindhoven – Oss – Ravenstein – Arnhem – Apeldoorn – Kampen – Ens
A50	John F. Kennedylaan Eindhoven (tot Tempellaan) – aansluiting Ekkersrijt
A50	knooppunt Ekkersrijt – aansluiting Ekkersrijt – knooppunt Paalgraven – knooppunt Bankhoef – knooppunt Ewijk – knooppunt Valburg – knooppunt Grijsoord
	Het wegdeel van knooppunt Grijsoord tot knooppunt Waterberg valt onder A12 (zie Rijksweg 12).
A50	knooppunt Waterberg – knooppunt Beekbergen – knooppunt Hattemerbroek
N50	knooppunt Hattemerbroek – aansluiting Ens

N50	Het wegdeel van aansluiting Ens tot knooppunt Emmeloord valt onder de administratieve noemer Rijksweg 838, zie verder aldaar.
	Brielle – Haamstede – Middelburg
N57	aansluiting Brielle – aansluiting N59 – aansluiting Middelburg-Oost
N652	~~aansluiting~~ Aansluiting N57 - Haamstede
	Eindhoven – Breda – Vlissingen
A58	knooppunt Batadorp – knooppunt De Baars – knooppunt St.Annabosch
A58	knooppunt St.Annabosch – knooppunt Galder
	Het wegdeel tussen knooppunt Galder en knooppunt Princeville is aangegeven als A16 (zie Rijksweg 16).
A58	knooppunt Princeville – knooppunt de Stok – knooppunt Zoomland
	Het wegdeel tussen knooppunt Zoomland en knooppunt Markiezaat is aangegeven als A4 (zie Rijksweg 4).
A58	knooppunt Markiezaat – Vlissingen (tot kilometer 171,3)
	Serooskerke – Zierikzee – Willemstad – Den Bosch – Oss
N59	aansluiting N57 – knooppunt Hellegatsplein
	Het wegdeel tussen knooppunt Hellegatsplein en knooppunt Sabina is aangegeven als A4 (zie Rijksweg 4).
A59	knooppunt Sabina – knooppunt Noordhoek
	Het wegdeel tussen knooppunt Noordhoek en knooppunt Zonzeel is aangegeven als A16 (zie Rijksweg 16).
A59	knooppunt Zonzeel – knooppunt Hooipolder – knooppunt Empel
	Het wegdeel tussen knooppunt Empel en knooppunt Hintham is aangegeven als A2 (zie Rijksweg 2).
A59	knooppunt Hintham – knooppunt Paalgraven
	Schoondijke – Terneuzen
N61	Schoondijke (vanaf kilometer 1,2) – aansluiting N290 Terneuzen
	's-Hertogenbosch – Tilburg
A65	knooppunt Vught – Vught
N65	Vught – aansluiting Berkel-Enschot
A65	aansluiting Berkel-Enschot – knooppunt De Baars

	België – Eindhoven – Venlo – Duitsland
A67	Belgische grens – knooppunt De Hogt
	Het wegdeel tussen knooppunt De Hogt en knooppunt Leenderheide is aangegeven als A2 (zie Rijksweg 2).
A67	knooppunt Leenderheide – knooppunt Zaarderheiken – Duitse grens
	Echt – Susteren – Maasbracht – Boxmeer – Nijmegen
A73	knooppunt Het Vonderen – knooppunt Tiglia – knooppunt Zaarderheiken – knooppunt Rijkevoort – knooppunt Neerbosch – knooppunt Ewijk
	Duitsland – Venlo
A74	Duitse grens- knooppunt Tiglia
	België – Geleen – Heerlen – Duitsland
A76	Belgische grens – knooppunt Kerensheide – knooppunt Kunderberg – Duitse grens
	Boxmeer – Duitsland
A77	knooppunt Rijkevoort – Duitse grens
	Maastricht – Heerlen
A79	knooppunt Kruisdonk – knooppunt Kunderberg
	Den Helder – Den Oever
N99	aansluiting Rijksweg 9 – aansluiting Den Oever
	Amsterdam – Haarlem
N200	aansluiting Westerpark – aansluiting Halfweg
A200	aansluiting Halfweg – knooppunt Rottepolderplein – aansluiting Haarlem-Centrum (tot kilometer 11,8)
	Haarlem-Zuid
A205	aansluiting Haarlem – knooppunt Rottepolderplein

	Santpoort – IJmuiden
A208	aansluiting Velsersbroek (vanaf kilometer 7,3) – knooppunt IJmuiden
	knooppunt Neerbosch – Nijmegen
A73	knooppunt Neerbosch – Nijmegen (tot kilometer 108,6)
	Zwolle – Wierden
N35	Wijthmen (vanaf kilometer 4,8) – aansluiting Wierden
	Ens – Emmeloord
N50	aansluiting Ens – knooppunt Emmeloord
	Ridderkerk – Alblasserdam
N915	aansluiting Hendrik-Ido-Ambacht – aansluiting Alblasserdam

BIJLAGE IVc BIJ ARTIKEL 3.5 VAN DEZE REGELING (REKENMETHODE GELUIDAANDACHTSGEBIED)

1 Algemeen

1.1 Rekenmethode

Voor het bepalen van geluidaandachtsgebieden worden berekeningen uitgevoerd volgens bijlage IVe voor wegen, bijlage IVf voor spoorwegen en bijlage IVh (methode II) voor industrieterreinen. Aanvullend op deze bijlagen gelden de volgende regels voor het berekenen van geluidaandachtsgebieden.

Gebieden waar op voorhand aannemelijk is dat deze onderdeel van het geluidaandachtsgebied zijn kunnen buiten het te berekenen gebied vallen. Deze gebieden worden dan onderdeel van het geluidaandachtsgebied. Wegen of spoorwegen die binnen die gebieden liggen en die invloed kunnen hebben op het geluidaandachtsgebied buiten deze gebieden worden meegenomen bij het berekenen van het geluidaandachtsgebied.

1.2 Modellerings Omgeving

In de berekening van een geluidaandachtsgebied wordt geen rekening gehouden met bestaande bebouwing of afschermende objecten, met uitzondering van bebouwing en objecten die als geluidbrongegeven voor die geluidbronsort voor de bepaling van geluidproductieplafonds zijn opgenomen in het geluidregister.

1.3 Contourberekening

Geluidaandachtsgebieden worden berekend door middel van een berekening van geluidniveaus op een regelmatig grid. Op basis van lineaire algebraïsche interpolatie wordt de contour bepaald van de standaardwaarde voor die geluidbronsort, waarbij geen afronding wordt gehanteerd. Dit houdt in dat bij een standaardwaarde van bijvoorbeeld 53 dB, de 53,00 contour de grootte van het geluidaandachtsgebied bepaalt.

De grideigenschappen zijn afhankelijk van de geluidbronsort:

Tabel 1.3 Grideigenschappen

Grid	Geluidbronsorten zonder geluidproductieplafonds	Geluidbronsorten met geluidproductieplafonds
Rekenhoogte	10 m	30 m
Onderlinge afstand tussen gridpunten bij een afstand < 50 m van een emissiebron	Ten hoogste 10 m (raster van 10x10 m)	Ten hoogste 20 m (raster van 20x20 m)
Onderlinge afstand tussen gridpunten bij een afstand ≥ 50 m van een emissiebron	Ten hoogste 20 m (raster van 20x20 m)	Ten hoogste 50 m (raster van 50x50 m)

Er kan op aanvullende gridhoogtes worden gerekend. De hoogste waarde op een gridpunt wordt gebruikt voor het bepalen van de contour. Met de onderlinge afstand van gridpunten wordt de afstand bedoeld tussen punten op een regelmatig raster die op een horizontale of verticale lijn

liggen. Deze afstand mag niet groter zijn dan de afstand in de tabel. Een kleinere afstand dan de afstand in de tabel is wel toegestaan.

Als de waarde van een geluidproductieplafond lager is dan de standaardwaarde voor die geluidbronsoort en er zijn geen afschermende voorzieningen aanwezig, dan wordt een aanvullende gridberekening uitgevoerd. Dit grid kent de eigenschappen gelijk aan die voor een grid bij geluidbronsoorten zonder geluidproductieplafonds. De minimale afmeting van het grid wordt begrensd door:

- a. de as van de weg of spoorweg;
- b. twee lijnen loodrecht op de as van de weg of spoorweg en op de halve afstand tot de in de lengterichting van de weg of spoorweg gezien naastliggende geluidreferentiepunten; en
- c. een lijn tussen het referentiepunt en de naastgelegen referentiepunten.

Als er geen naastgelegen referentiepunten zijn wordt de minimale afmeting het grid begrensd door:

- a. de as van de weg of spoorweg en de lijn in het verlengde daarvan;
- b. een lijn loodrecht op de as van de weg of spoorweg of het verlengde daarvan en op de halve afstand tussen het geluidreferentiepunt en het in de lengterichting van de weg of spoorweg gezien naastliggende geluidreferentiepunt; en
- c. een maximale afstand van 50 m tot een bronregisterlijn.

Als een lokale spoorweg op grond van artikel 3.27, tweede lid, van het Besluit kwaliteit leefomgeving als onderdeel van de geluidbronsoort gemeentewegen wordt beschouwd, dan worden beide berekeningen op hetzelfde grid uitgevoerd. Na energetische optelling van de resultaten van de individuele gridpunten vindt de interpolatie plaats voor de bepaling van het geluidaandachtsgebied.

De bijdrage van het geluid van stilstaande spoorvoertuigen op spoorwegemplacements wordt op hetzelfde grid uitgevoerd als de berekening van het hoofdspoor. Na energetische optelling van de resultaten van de individuele gridpunten vindt de interpolatie plaats voor het bepalen van het geluidaandachtsgebied.

1.4 Vaststellen contouren wegen zonder geluidproductieplafonds: geen verkeersgegevens

Wanneer voor lokale wegen waarvan een geluidaandachtsgebied moet worden bepaald geen verkeersgegevens bekend zijn en ~~op van~~ die wegen de verkeersintensiteit hoger kan zijn dan 1.000 motorvoertuigen per etmaal, worden contouren bepaald met de volgende afstanden van de rand van de contour tot de weg:

- Voor een weg, bestaande uit een of twee rijstroken en een maximumsnelheid van 30 km/u of minder: ten minste 100 m;
- Voor een weg, bestaande uit een of twee rijstroken en een onbekende maximumsnelheid of een maximumsnelheid van meer dan 30 km/u: ten minste 200 m; en
- Voor een weg, bestaande uit drie of meer rijstroken: ten minste 350 m.

1.5 Totale geluidaandachtsgebied

Het totale geluidaandachtsgebied van een geluidbronsoort is het gebied bepaald door de contourberekening en de gebieden waar niet gerekend is omdat op voorhand aannemelijk was dat deze gebieden onderdeel zijn van het geluidaandachtsgebied, dat voor wegen wordt aangevuld met de gebieden uit de contouren van wegen zonder verkeersgegevens.

2 Overdracht

2.1 Sectorhoek

Voor de indeling van de sectoren wordt uitgegaan van een vaste openingshoek van 2°.

2.2 Reflecties

Bij de berekeningen wordt uitgegaan van niet meer dan één reflectie per overdrachtspad.

2.3 Rekenafstanden

In tabel 2.3 zijn maximale rekenafstanden opgenomen. De maximale rekenafstand is de maximale afstand tussen bronpunt en gridpunt dat in de berekening moet worden meegenomen. Alleen als de afstand tussen bronpunt en gridpunt kleiner is dan de maximale rekenafstand, wordt die bron of het bronsegment meegenomen. Deze afstand wordt bepaald aan de hand van het totale overdrachtspad in het horizontale vlak (2D). De te hanteren maximale rekenafstand is voor verschillende geluidbronsorten in de onderstaande tabel aangegeven.

Tabel 2.3 Maximale rekenafstanden

Geluidbronsort	Maximale rekenafstand [m]
Wegen en spoorwegen zonder geluidproductieplafonds	1.500
Provinciale wegen met geluidproductieplafonds	3.500
Rijkswegen	5.000
Spoorwegen met geluidproductieplafonds	5.000
Industrieterreinen	Geen beperking

2.4 Hoogtemodellering

2.4.1 Voor wegen en spoorwegen

Voor de berekening van geluidsaaachtgebieden worden alle objecten (wegen, spoorwegen, schermen en grid) met een maaiveldhoogte 0 gemodelleerd. Voor schermen en geluidwallen wordt de constructiehoogte gebruikt. Er wordt dus geen rekening gehouden met taluds, bruggen, maaiveldverloop van de omgeving of andere hoogteverschillen.

2.4.2 Voor industrieterreinen

Voor industrieterreinen wordt als maaiveldhoogte buiten het industrieterrein de gemiddelde maaiveldhoogte van het industrieterrein aangehouden. Voor de gemiddelde maaiveldhoogte op het industrieterrein kan worden uitgegaan van de werkelijke gemiddelde hoogte of 0 m.

2.5 Afscherming

2.5.1 Voor wegen met geluidproductieplafonds

Voor geluidschermen langs wegen wordt het absorptiespectrum vereenvoudigd tot $\alpha_{i=5}$, de waarde bij 1.000 Hz.

Bij schermen waarvan het reflecterende oppervlak loodrecht, of onder een helling die kleiner is dan 5°, op het aardoppervlak staat, wordt de niveaureductie ΔL_R berekend volgens de formules:

$$\Delta L_{R,i} = -10 \lg (1 - \alpha_{i=5}) \text{ voor } \alpha_{i=5} \leq 0,2$$

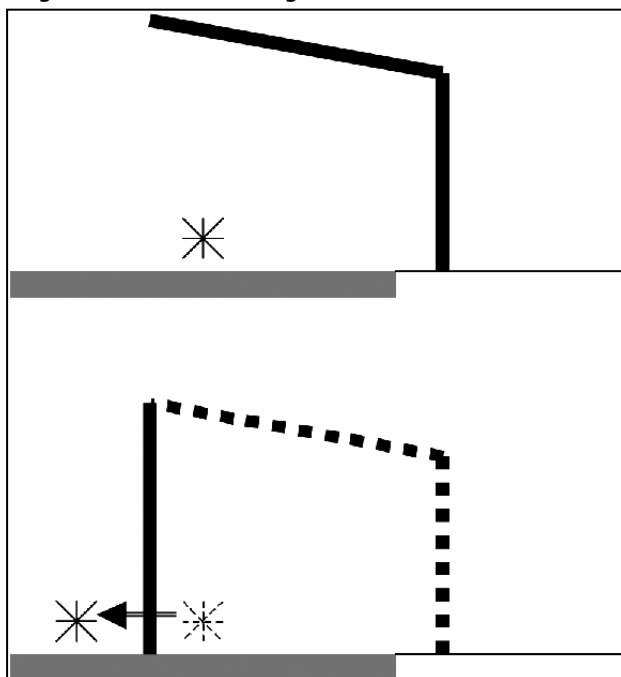
$$\Delta L_{R,i} = -10 \lg [0,8 * (1 - (\alpha_{i=5} - 0,2) / 0,6)] \text{ voor } 0,2 < \alpha_{i=5} < 0,8$$

Voor reflecterende objecten waarvoor geldt dat $\alpha_{i=5} \geq 0,8$ wordt geen reflectiebijdrage in rekening gebracht.

Voor reflecterende objecten die zijn opgebouwd uit onderdelen met verschillende absorptie-eigenschappen wordt de waarde $\alpha_{i=5}$ oppervlakte-gewogen gemiddeld.

Bij schermen die onder een helling van meer dan 5° ten opzichte van het aardoppervlak staan en waarvan uit nader onderzoek is gebleken dat deze als absorberend kunnen worden beschouwd en bij geluidwallen, wordt geen reflectiebijdrage in rekening gebracht.

Gekromde schermen of luifels langs wegen worden gemodelleerd door middel van een vervangend verticaal scherm, waarvan de top overeenkomt met de top van het gekromde scherm of het uiteinde van de luifel. Als dit punt, gezien vanuit de voet van de luifel, voorbij de rijlijn ligt, wordt de rijlijn plaatselijk verschoven. De nieuwe positie van de bron is dan halverwege de binnenste wegrand en het vervangende verticale scherm zoals in onderstaande figuren is weergegeven.



2.5.2 Voor spoorwegen met geluidproductieplafonds

Geluidschermen en geluidwallen worden bij spoorwegen met de werkelijke hoogte gemodelleerd en er wordt geen reflectiebijdrage in rekening gebracht. Het afschermende effect van een overkapping met dichte zijwanden wordt gemodelleerd identiek aan een tunnel. Van een overkapping zonder dichte zijwanden wordt geen afschermende werking in rekening gebracht.

2.6 Bodemdemping

2.6.1 Voor wegen met geluidproductieplafonds

Behalve de verharding van de weg wordt, voor het bepalen van het geluidaanbachtgebied van wegen, uitgegaan van een akoestische absorptiefractie van 0,5. Ook (berm)sloten, pech- en

vluchthavens, verzorgingsplaatsen met toe- en afritten en andere wegen, parkeerplaatsen en pleinen worden als gebied met een absorptiefactie van 0,5 beschouwd. De bodemdemping van de verharding van de weg wordt bepaald overeenkomstig de methode in bijlage IVe.

2.6.2 Voor spoorwegen met geluidproductieplafonds

Voor het bepalen van het geluidaandachtsgebied van spoorwegen wordt uitgegaan van een akoestische absorptiefractie van 0,5.

2.6.3 Voor industrieterreinen

Behalve de bodem op het industrieterrein, wordt voor het bepalen van het geluidaandachtsgebied van een industrieterrein uitgegaan van een akoestisch absorptiefractie van 0,0.

2.6.4 Voor wegen en spoorwegen zonder geluidproductieplafonds

Bij het bepalen van het geluidaandachtsgebied wordt uitgegaan van een akoestisch absorptiefractie van 0,0.

3 Toelichting

Het doel van deze rekenmethode is om een gebied te definiëren waarbinnen er een kans kan zijn dat er een standaardwaarde wordt overschreden. In beginsel wordt er gerekend. Het kan echter zo zijn dat er gebieden zijn waarvan al vooraf duidelijk is dat er een grote kans is dat deze binnen het geluidaandachtsgebied zullen vallen. Een voorbeeld kan de bebouwde kom van een gemeente zijn. In dat geval hoeft er binnen dat gebied niet te worden gerekend. Buiten dat gebied is dat wel noodzakelijk. Geluidbronnen die binnen een dergelijk gebied liggen waar niet gerekend wordt, maar die wel een invloed kunnen hebben op het geluidaandachtsgebied moeten dan gemodelleerd worden. Als vuistregel kan het aftsandscriterium uit tabel 2.3 gebruikt worden.

Het uitgangspunt van de berekening is een worst case benadering, zodat er niet ten onrechte gedetailleerd onderzoek achterwege wordt gelaten. Dit houdt in dat het mogelijk is dat bij realisatie van een geluidgevoelige bestemming binnen het geluidaandachtsgebied alsnog blijkt dat de standaardwaarde niet wordt overschreden.

Er is voor gekozen om uit te gaan van een plat model met betrekking tot het maaiveld. Het veranderen van omgeving rond een bron heeft dan geen gevolgen voor het geluidaandachtsgebied. Daarnaast wordt er uitgegaan van twee gridhoogtes. Voor bronnen met geluidproductieplafonds is de gridhoogte dusdanig gekozen dat er voor hoogbouw langs wegen met geluidschermen of nabij industrieterreinen geen risico is van overschrijding van de standaardwaarde buiten het geluidaandachtsgebied. Bij bronnen zonder geluidproductieplafonds worden geluidafschermende objecten niet meegenomen en is het niet noodzakelijk om op grotere hoogte te rekenen. Daarnaast kan de contour bij bronnen met relatief lage emissie op een lagere hoogte groter zijn vergeleken met een contour berekend op hogere hoogte. De bepaling dat aanvullende hoogten kunnen worden berekend is voor het geval er bronnen zijn waar dit specifiek voor noodzakelijk wordt geacht. Als er geluidproductieplafonds zijn in situaties zonder geluidbeperkende werken of bouwwerken die zijn geplaatst om het geluid door de weg op een geluidgevoelig gebouw te beperken, dan kan uit de waarde op het geluidreferentiepunt al blijken dat een gridhoogte van 30 m te hoog is. In dat geval wordt een aanvullende berekening voorgeschreven met een gridhoogte van 10 m en een hogere punt dichtheid.

BIJLAGE IVd BIJ DE ARTIKELEN 3.7 EN 12.71d VAN DEZE REGELING (REKENMETHODE BASISGELUIDEMISSION EN GELUIDEMISSION IN L_{den})

1 Regels voor het berekenen van de geluidemission in L_{den}

1.1 Begrippen

rijlijn: lijn die de plaats van de geluidafstraling van een emissietraject van de motorvoertuigen representeert;

bronlijn: lijn die de geluidafstraling van een emissietraject van spoorvoertuigen representeert;

GE_{weg} : basisgeluidemission of geluidemission in L_{den} voor de geluidbronsoort wegen;

GE_{spoor} : basisgeluidemission of geluidemission in L_{den} voor de geluidbronsoort lokale spoorwegen.

1.2 Geluidemission van wegen

1.2.1 Deelemission lokale spoorwegen onderdeel van de weg

Per bronhoogte wordt de emission bepaald volgens formule 2.1 van bijlage IVe bij deze regeling. De emission van een bronlijn k voor periode p (dag, avond en nacht) wordt berekend volgens de formule:

$$L_{Rk,p} = 10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^8 10^{L_{E,i}^{bs}/10} + 10^{L_{E,i}^{as}/10} + 10^{L_{E,i}^{2m}/10} + 10^{L_{E,i}^{4m}/10} + 10^{L_{E,i}^{5m}/10} \right)$$

1.2.2 Deelemission wegverkeer

De emission per rijlijn k voor periode p (dag, avond of nacht) wordt bepaald volgens formule 2.3 van bijlage IVe bij deze regeling, waarbij C_{Hm} niet in deze berekening wordt meegenomen. De geluidemission $L_{Rk,p}$ voor een rijlijn k wordt berekend volgens de formule:

$$L_{Rk,p} = 10 \cdot \lg \left(\sum_{m=lv}^{zw} \sum_{i=1}^8 10^{L_{E,i,m}/10} \right)$$

1.2.3 Geluidemission van een weg

De geluidemission van een weg wordt bepaald door de energetische som van de individuele (uurgemiddelde) emissies van rijlijnen of bronlijnen (k) die tot één weg behoren volgens de formule:

$$GE_{weg} = 10 \cdot \log \left(\sum_{k=1}^n \left(\frac{12}{24} \cdot 10^{(L_{Rk,dag}/10)} + \frac{4}{24} \cdot 10^{((L_{Rk,avond}+5)/10)} + \frac{8}{24} \cdot 10^{((L_{Rk,nacht}+10)/10)} \right) \right)$$

1.3 Geluidemission lokale spoorwegen geen onderdeel van de weg

Per bronhoogte wordt de emission bepaald volgens formule 2.1 van bijlage IVf bij deze regeling. De totale emission van een bronlijn k voor periode p (dag, avond en nacht) wordt berekend volgens de formule:

$$L_{Sk,p} = 10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^8 10^{L_{E,i}^{bs}/10} + 10^{L_{E,i}^{as}/10} + 10^{L_{E,i}^{2m}/10} + 10^{L_{E,i}^{4m}/10} + 10^{L_{E,i}^{5m}/10} \right)$$

De totale geluidemission van een spoorweggedeelte bestaat uit de som van de spoorbaandelen k per periode gewogen naar een L_{den} waarde en wordt berekend volgens de formule:

$$GE_{spoor} = 10 \cdot \log \left(\sum_{k=1}^n \left(10^{(L_{S_{k,dag}}/10)} + 10^{((L_{S_{k,avond}}+5)/10)} + 10^{((L_{S_{k,nacht}}+10)/10)} \right) \right)$$

2 Kwalitatieve bepaling verschillen geluidemissies

Op grond van artikel 11.47 van het Besluit kwaliteit leefomgeving mag het verschil tussen de geluidemissie in L_{den} en de basisgeluidemissie in bepaalde gevallen worden geschat in plaats van berekend. In artikel 12.71d van deze regeling is bepaald op welke manier het verschil in dat geval geschat moet worden.

3 Detaillering invoergegevens

Voor het bepalen van een geluidemissie in L_{den} wordt voor de modellering van wegdektypen en bovenbouwtype uitgegaan van de representatieve deklaag of bovenbouwconstructie voor dat weg- of spoorgedeelte. Korte onderbrekingen in wegdek of bovenbouw type, zoals een drempel met klinkers in een asfaltweg, worden buiten beschouwing gelaten.

Voor het bepalen van de geluidemissie in L_{den} kan een vereenvoudigde modellering van kruisingen en rotondes worden toegepast.

Bij het bepalen van de geluidemissie in L_{den} kunnen meerdere rijlijnen behorende bij een weg als één rijlijn worden beschouwd. Bij het bepalen van de geluidemissie in L_{den} kunnen meerdere bronlijnen behorende bij een spoorweg of weg als één bronlijn worden beschouwd.

Er wordt geen gebruik gemaakt van standaard invoerwaarden of veronderstellingen, tenzij de verzameling van werkelijke gegevens met onevenredig hoge kosten gepaard gaat.

4 Toelichting

De geluidemissie in L_{den} wordt gebruikt om het verschil met de basisgeluidemissie te monitoren. Alleen parameters die van invloed zijn op de emissie zijn hierbij van belang. Er geldt één geluidemissie in L_{den} voor een wegvak. Een wegvak kan bestaan uit een enkele rijlijn of bronlijn, maar ook uit combinaties van meerdere rijlijnen of bronlijnen.

In veel gevallen zal er bij het bepalen van de geluidemissie in ~~L_{den}~~ L_{den} alleen een andere verkeersintensiteit zijn ten opzichte van de basisgeluidemissie (voertuigverdeling, snelheden en wegdekverharding blijven gelijk).

BIJLAGE IVe BIJ DE ARTIKELEN 3.8, EERSTE LID, ONDER A, 3.9, EERSTE LID, AANHEF EN ONDER A EN B, 3.11, ONDER A EN B, 3.14, EERSTE LID, ONDER A, EN VIERDE LID, 3.18, ONDER A EN B EN 12.71D, TWEEDE LID, VAN DEZE REGELING (MEET- EN REKENMETHODE GELUID WEGEN)

1 Inleiding

Deze meet- en rekenmethode is bedoeld voor het bepalen van het geluid door wegen.

2 Standaardrekenmethode

2.1 Begrippen

In dit hoofdstuk wordt verstaan onder:

bronzpunt: snijpunt van een sectorvlak met een rijlijnsegment;

openingshoek van een sector: hoek tussen de begrenzingvlakken van een sector in het horizontale vlak;

rijlijn: lijn, op 0,75 m boven wegdekhoogte, die de plaats van de afstraling van het geluid van een geluidemissietraject of een deel daarvan representeert;

rijlijnsegment: rechte verbindingslijn tussen de snijpunten van een rijlijn met de grensvlakken van een sector;

sector: ruimte begrensd door twee verticale halfvlakken waarvan de grenslijnen samenvallen met de verticaal door het waarneempunt;

sectorvlak: bissectricevlak van de twee grensvlakken van een sector;

totale openingshoek: som van de openingshoeken van alle sectoren die voor het bepalen van het equivalente geluidniveau in dB(A) van belang zijn;

verkeersintensiteit: aantal motorvoertuigen van een categorie motorvoertuigen als bedoeld in het tweede lid, dat jaarlijks per uur, gemiddeld over een etmaalperiode, passeert;

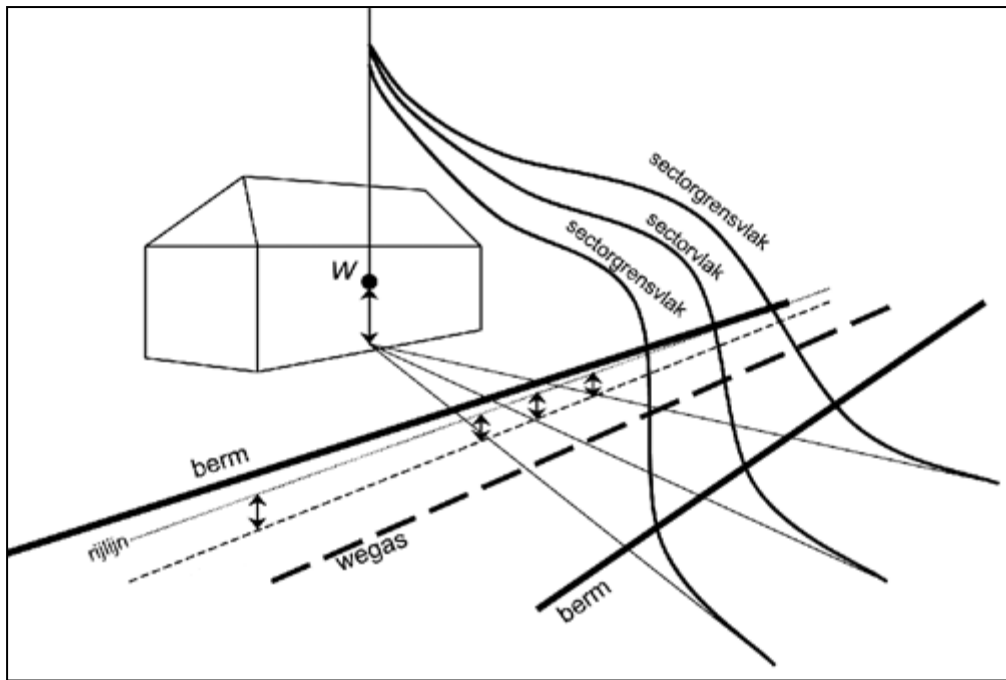
waarneempunt: punt waarvoor het equivalente geluidniveau in dB(A), het L_{Aeq} , bepaald moet worden; als deze bepaling dient ter vaststelling van de geluidbelasting van een gevel, dan ligt dit punt in het betrokken gevelvlak;

zichthoek: hoek waaronder een object (gevel, scherm, weggedeelte en dergelijke) in horizontale projectie wordt gezien vanuit het waarneempunt.

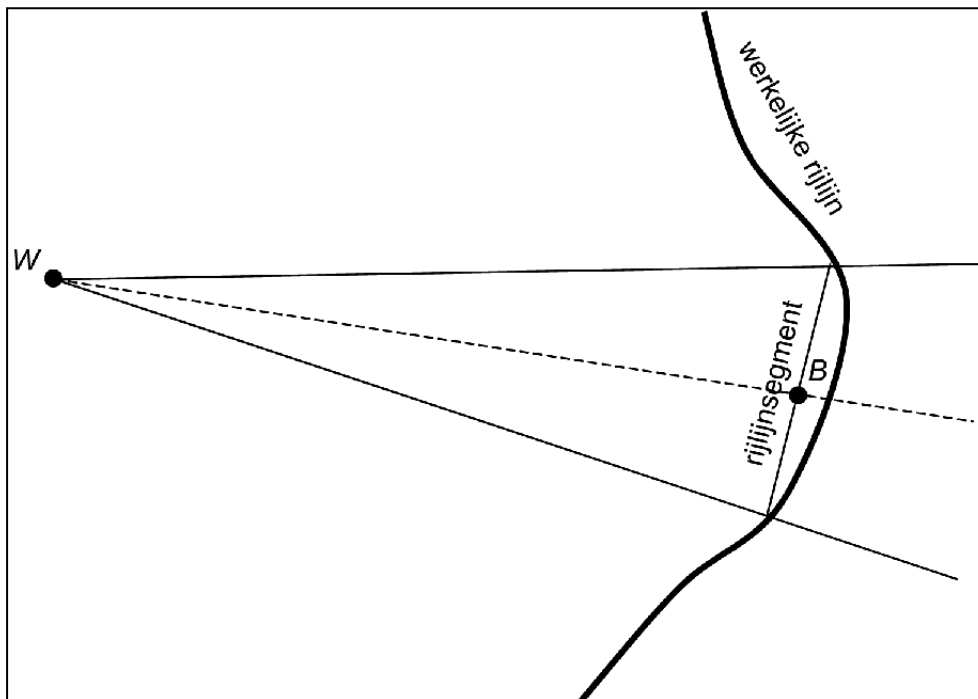
Voor de toepassing van dit hoofdstuk worden de volgende categorieën motorvoertuigen onderscheiden:

- a. categorie lv (lichte motorvoertuigen): motorvoertuigen op drie of meer wielen, met uitzondering van de in categorie mv en categorie zv bedoelde motorvoertuigen;
- b. categorie mv (middelzware motorvoertuigen): gelede en ongelede autobussen, en andere motorvoertuigen die ongeleed zijn en voorzien van een enkele achteras waarop vier banden zijn gemonteerd;
- c. categorie zv (zware motorvoertuigen): gelede motorvoertuigen, en motorvoertuigen die zijn voorzien van een dubbele achteras, met uitzondering van autobussen.

Als gebruik wordt gemaakt van automatische telapparatuur met een andere dan de hierboven genoemde categorie-indeling, zijn deze tellingen toepasbaar als van deze automatische telapparatuur is aangetoond dat het berekende, op tienden van decibellen afgeronde equivalente geluidniveau niet meer dan 0,5 dB afwijkt bij voor de betreffende wegtype representatieve verkeerssamenstelling.



Figuur 2.1 Illustratie bij de begripsbepalingen.



Figuur 2.2 Illustratie bij het begrip rijlijnsegment.

2.2 De hoofdformule

Het equivalente geluidniveau in dB(A), het L_{Aeq} , wordt berekend volgens de formule:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{m=l_v}^{z_v} 10^{L_{eq,i,j,n,m}/10} \quad (2.1)$$

waarbij $L_{eq,i,j,n,m}$ de bijdrage is aan het L_{Aeq} in één octaaf (index i), van één sector (index j), van één bronpunt (index n) en van één voertuigcategorie (index m).

$L_{eq,i,j,n,m}$ wordt berekend volgens de formule:

$$L_{eq,i,j,n,m} = L_E + \Delta L_{OP} + \Delta L_{GU} - \Delta L_L - \Delta L_B - C_M - \Delta L_{SW} - \Delta L_R - 58,6 \quad (2.2)$$

$$L_{eq,i,j,n,m} = L_E + \Delta L_{OP} + \Delta L_{GU} - \Delta L_L - \Delta L_B - C_M - \Delta L_{SW} - \Delta L_R - 58,6$$

met:

L_E : het geluidemissiegetal § 2.4

ΔL_{OP} : de optrektoeslag¹ § 2.5

ΔL_{GU} : de geometrische uitbreidingsterm § 2.6

ΔL_L : de luchtdemping § 2.7

ΔL_B : de bodemdemping § 2.8

C_M : de meteocorrectieterm van de te beschouwen periode ($C_M = C_d$ voor de dagperiode, $C_M = C_{en}$ voor de avond- en nachtperiode): § 2.9

ΔL_{SW} : de schermwerking² § 2.10

ΔL_R : de niveaureductie ten gevolge van reflecties³ § 2.11

¹ Als dat van toepassing is.

Er wordt gesommeerd over de octaafbanden met indices $i = 1$ tot en met $i = 8$ en middenfrequenties respectievelijk 63, 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 4.000 en 8.000 Hz.

De sectorindeling is zo dat de geometrie en de verkeerssituatie in een sector goed worden beschreven met de geometrie en de verkeerssituatie in het sectorvlak. Hierbij wordt uitgegaan van een vaste openingshoek. Deze openingshoek is 2°. De hoeken van de sectorvlakken worden bepaald door de even hoeken in een windroos (0°, 2°, 4°, etcetera). Bij bronnen met een afmeting kleiner dan een sectorhoek wordt afgeweken van deze sectorindeling (zie 2.6).

Het aantal bronpunten N binnen één sector wordt bepaald door het aantal keer dat het sectorvlak een rijlijn (segment) snijdt.

De sommatie aangegeven met de index m vindt plaats over de drie onderscheiden voertuigcategorieën, te weten: lichte ($m = lv$), middelzware ($m = mv$) en zware ($m = zv$) motorvoertuigen. Als andere categorieën dan de hiervoor genoemde categorieën akoestisch relevant zijn, dan kan de sommatie worden uitgebreid met deze categorieën.

2.3 Reflecties

Als zich binnen een sector objecten met een verticaal, hard oppervlak bevinden, die voldoen aan de hieronder gestelde voorwaarden, dan wordt het L_{Aeq} ook bepaald door het geluid dat via reflecties het waarneempunt bereikt. De bijdrage van deze reflecties aan het L_{Aeq} wordt in rekening gebracht voor het sectordeel dat zich, gezien vanuit het waarneempunt, achter dat reflecterend oppervlak bevindt, te vervangen door zijn spiegelbeeld ten opzichte van het reflecterend oppervlak. Als het reflecterend oppervlak niet verticaal is, dan wordt:

¹ Als dat van toepassing is.

² Als dat van toepassing is.

³ Als dat van toepassing is.

- voor de bodemdemping (paragraaf 2.8) de spiegeling in het horizontale vlak uitgevoerd; de hoogtes van bronpunt en spiegelbronpunt zijn dus gelijk;
- voor de schermwerking van objecten gezien vanuit de spiegelbron (spiegelend oppervlak niet meegenomen) wordt (paragraaf 2.10) de spiegeling in drie dimensies uitgevoerd; de hoogtes van bronpunt en spiegelbronpunt zijn dus niet noodzakelijkerwijs gelijk. De hoogte van de spiegelbron wordt bepaald door een volledige 3D-analyse van de reflectie.

Om als reflecterend oppervlak te worden aangemerkt doorsnijdt het vlak, of een aaneengesloten samenstel van vlakken, de gehele sectorhoek.

Als het reflecterend oppervlak uit een samenstel van vlakken bestaat wordt het vlak dat wordt doorsneden gebruikt voor de spiegeling van het bronpunt. Als het sectorvlak een object of samenstel van objecten precies op de grens tussen twee vlakken of objecten doorsnijdt wordt het bronpunt gespiegeld in het vlak dat het meest haaks staat op het sectorvlak.

Nader onderzoek naar de invloed van reflecties op het L_{Aeq} is vereist als het reflecterend oppervlak oneffenheden bevat waarvan de afmetingen van dezelfde orde van grootte zijn als de afstand van het vlak tot het waarneempunt of de afstand van het vlak tot het bronpunt.

Bij de berekeningen wordt standaard uitgegaan van één reflectie. In geval van berekeningen met meervoudige reflecties wordt de spiegeling herhaald toegepast.

2.4 Het geluidemissiegetal L_E

Bij de bepaling van het geluidemissiegetal L_E wordt gebruik gemaakt van de indeling in voertuigcategorieën als bedoeld in onderdeel 2.1 van deze bijlage. Voor de berekening van L_E zijn de volgende gegevens nodig:

Q : de gemiddelde intensiteit van de voertuigcategorie [h^{-1}];

v_m : de representatief te achten gemiddelde snelheid van de voertuigcategorie [km/u];

v_0 : de referentiesnelheid van de voertuigcategorie, deze bedraagt voor lv 80 km/u en voor mv en zv 70 km/u [km/u];

C_{wegdek} : de wegdekcorrectie [dB(A)];

C_H : de hellingcorrectie [dB(A)].

De berekening verloopt volgens de formule:

$$L_{E_{i,m}} = 10 \lg \left(\frac{Q_m}{v_m} \right) + \alpha_{i,m} + \beta_{i,m} \lg \left(\frac{v_m}{v_{0,m}} \right) + C_{wegdek_{i,m}} + C_{H_m} \quad (2.3)$$

waarin:

$$\alpha + \beta \cdot \lg(v/v_0) - \alpha + \beta \cdot \lg(v/v_0)$$

het A-gewogen equivalente bronvermogensniveau van de voertuigcategorie is en C_{wegdek} de emissiecorrectie voor verschillende wegdektypen.

2.4.1 Het A-gewogen equivalente bronvermogensniveau.

De waarden van emissiekentallen α en β zijn gegeven in de tabel 2.1 en tabel 2.2 als functie van de octaafband en de voertuigcategorie. De getallen gelden voor horizontale weggedeelten met een wegverharding van dicht asfaltbeton.

Tabel 2.1 Emissiekental α als functie van voertuigcategorie m en octaafband i

Octaafbandindex (i)	α		
	$m = lv$	$m = mv$	$m = zv$
1	69,8	77,9	79,3

2	80,1	87,1	89,1
3	86,6	94,6	96,3
4	94,5	103,8	105,9
5	103,3	105,3	107,6
6	98,5	99,1	100,6
7	89,5	92,9	94,3
8	77,7	83,9	84,6

Tabel 2.2 Emissiekental β als functie van voertuigcategorie m en octaafband i

Octaafbandindex (i)	β		
	$m = lv$	$m = mv$	$m = zv$
1	15,2	29,7	10,8
2	27,6	26,6	18,1
3	23,1	32,2	24,3
4	29,1	44,1	33,0
5	40,4	42,9	36,1
6	40,1	35,9	28,0
7	37,0	29,8	20,2
8	34,8	29,3	17,8

Als het in rekening brengen van motorfietsen en bromfietsen noodzakelijk wordt geacht, kan dit gebeuren door het introduceren van extra voertuigcategorieën in de formule 2.1. De emissiekentallen α en β voor motorfietsen en bromfietsen zijn gegeven in tabel 2.2a en kunnen gebruikt worden in formule 2.3. De referentiesnelheid v_0 is voor motorfietsen 80 km/u voor bromfietsen is de (fictieve) referentiesnelheid 1 km/u.

Tabel 2.2a Emissiekental α en β voor motorfietsen en bromfietsen als functie van octaafband i

Octaafbandindex (i)	Motorfietsen		Bromfietsen	
	α	β	α	β
1	82	29	60	0
2	90	29	75	0
3	97	29	86	0
4	99	29	93	0
5	96	29	97	0
6	96	29	96	0
7	93	29	94	0
8	87	29	91	0

2.4.2 De wegdekcorrectie C_{wegdek}

Voor een wegdektype dat afwijkt van het referentiewegdek (dicht asfalt beton of SMA 0/11) wordt een correctie op het A-gewogen equivalente bronvermogen in rekening gebracht. De wegdekcorrectie C_{wegdek} is het verschil tussen het geluidemissiegetal dat is gebaseerd op dicht asfaltbeton en het geluidemissiegetal bepaald voor het afwijkende wegdektype. De wegdekcorrectie is in het algemeen afhankelijk van de verkeerssamenstelling en de snelheid en wordt beschreven met de volgende verhouding:

$$C_{\text{wegdek}_{i,m}} = \sigma_{i,m} + \tau_m \lg \left(\frac{v_m}{v_{0,m}} \right) \quad (2.4)$$

met:

v_0 : is de referentiesnelheid in km/u: 80 km/u voor lichte motorvoertuigen ($m = \text{lv}$) en 70 km/u voor middelzware en zware motorvoertuigen ($m = \text{mv}$, resp. $m = \text{zv}$);

$\sigma_{m,i}$: verschil in dB(A) bij de referentiesnelheid v_0 ;

τ_m : snelheidsindex in dB(A) per decade snelheidstoename.

De coëfficiënten $\sigma_{m,i}$ en τ_m zijn gegeven in tabel 2.3.

Tabel 2.3a Coëfficiënten $\sigma_{m,i}$ en τ_m voor de C_{wegdek} voor lichte motorvoertuigen

Volg nr	Wegdektype	$\sigma_{\text{lv},i}$								τ_{lv}
		$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i=6$	$i=7$	$i=8$	
1	Referentiewegdek	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	1L ZOAB	0,5	3,3	2,4	3,2	-1,3	-3,5	-2,6	0,5	-6,5
3	Akoestisch geoptimaliseerd 1L ZOAB	3,7	2,9	-0,9	0,9	-5,8	-5,3	-3,1	-1,4	-12,1
4	2L ZOAB	0,4	2,4	0,2	-3,1	-4,2	-6,3	-4,8	-2,0	-3,0
5	2L ZOAB fijn	-1,0	1,7	-1,5	-5,3	-6,3	-8,5	-5,3	-2,4	-0,1
6	SMA 0/5	1,1	-1,0	0,2	1,3	-1,9	-2,8	-2,1	-1,4	-1,0
7	SMA 0/8	0,3	0,0	0,0	-0,1	-0,7	-1,3	-0,8	-0,8	-1,0
8	Akoestisch geoptimaliseerd SMA	2,9	1,1	-0,4	-0,5	-2,9	-2,8	-1,1	-0,8	-4,8
9	Uitgeborsteld beton	1,1	-0,4	1,3	2,2	2,5	0,8	-0,2	-0,1	1,4
10	Geoptimaliseerd uitgeborsteld beton	-0,2	-0,7	0,6	1,0	1,1	-1,5	-2,0	-1,8	1,0
11	Fijngebezemd beton	1,1	-0,5	2,7	2,1	1,6	2,7	1,3	-0,4	7,7
12	Oppervlaktbewerking	1,1	1,0	2,6	4,0	4,0	0,1	-1,0	-0,8	-0,2
13	Elementenverharding keperverband	8,3	8,7	7,8	5,0	3,0	-0,7	0,8	1,8	2,5

14	Elementenverharding niet in keperverband	12,3	11,9	9,7	7,1	7,1	2,8	4,7	4,5	2,9
15	Stille elementenverharding	7,8	6,3	5,2	2,8	-1,9	-6,0	-3,0	-0,1	-1,7
16	Dunne deklagen A	3,8	0,6	-2,5	-1,6	-4,4	-4,5	-2,2	-2,3	-8,2
17	Dunne deklagen B	3,6	0,4	-2,7	-2,0	-5,2	-5,4	-2,7	-2,5	-9,8

Tabel 2.3b Coëfficiënten $\sigma_{m,i}$ en τ_m voor de Cwegdek voor (middel)zware motorvoertuigen

Volg nr	Wegdektype	$\sigma_{(m)zv,i}$								$\tau_{m(z)v}$
		$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i=6$	$i=7$	$i=8$	
1	Referentiewegdek	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	1L ZOAB	0,9	1,4	1,8	-0,4	-5,2	-4,6	-3,0	-1,4	0,2
3	Akoestisch geoptimaliseerd 1L ZOAB	0,6	0,3	0,0	-0,5	-5,9	-3,1	-2,1	-2,1	-8,4
4	2L ZOAB	0,4	0,2	-0,7	-5,4	-6,3	-6,3	-4,7	-3,7	4,7
5	2L ZOAB fijn	1,0	0,1	-1,8	-5,9	-6,1	-6,7	-4,8	-3,8	-0,8
6	SMA 0/5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	SMA 0/8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	Akoestisch geoptimaliseerd SMA	-0,5	-0,7	-0,7	-1,5	-2,1	-1,2	-0,7	-1,2	-2,6
9	Uitgeborsteld beton	0,0	1,1	0,4	-0,3	-0,2	-0,7	-1,1	-1,0	4,4
10	Geoptimaliseerd uitgeborsteld beton	-0,3	1,0	-1,7	-1,2	-1,6	-2,4	-1,7	-1,7	-6,6
11	Fijngebezemd beton	0,0	3,3	2,4	1,9	2,0	1,2	0,1	0,0	3,7
12	Oppervlaktbewerking	0,0	2,0	1,8	1,0	-0,7	-2,1	-1,9	-1,7	1,7
13	Elementenverharding keperverband	8,3	8,7	7,8	5,0	3,0	-0,7	0,8	1,8	2,5
14	Elementenverharding niet in keperverband	12,3	11,9	9,7	7,1	7,1	2,8	4,7	4,5	2,9
15	Stille elementenverharding	0,2	0,7	0,7	1,1	1,8	1,2	1,1	0,2	0,0
16	Dunne deklagen A	0,7	-0,1	-0,4	-1,4	-2,7	-2,7	-1,7	-1,9	-8,5

17	Dunne deklagen B	0,7	-0,1	-0,4	-1,4	-2,7	-2,7	-1,7	-1,9	-8,5

In hoofdstuk 4 is de procedure voor het vaststellen van een C_{wegdek} voor een wegdekproduct gegeven. Wegdekproducten worden op basis van deze procedure ingedeeld in één van bovenstaande wegdektypen. Voor het bepalen van nieuwe wegdektypen wordt ook gebruik gemaakt van de procedure in hoofdstuk 4.

2.4.3 De hellingcorrectie C_H

Als het stijgend gedeelte van het verkeer een helling van ten minste 3% moet overwinnen over een hoogteverschil van ten minste 6 m, dan wordt de volgende hellingcorrectie C_H in rekening gebracht:

Tabel 2.4 De hellingcorrectie C_H voor de verschillende voertuigcategorieën

m	C_H
lv	$C_H = 0,25p_h - 0,75$
Amv	$C_H = 0,5p_h - 1,5$
Zzv	

waarin:

p_h het hellingspercentage van het wegvak is.

2.4.4 Stalen kunstwerken

Bij stalen kunstwerken, waarbij redelijkerwijs een verhoogde emissie verwacht wordt, wordt de toename van de emissie ten gevolge van de invloed van het kunstwerk in rekening gebracht met een geluidemissietoeslag. Voor de hoogte van deze toeslag is nader onderzoek noodzakelijk.

2.5 Optrektoeslag ΔL_{OP}

De optrektoeslag ΔL_{OP} is een correctieterm ten gevolge van het afremmen en optrekken van het verkeer door de aanwezigheid van een kruispunt of een situatie die de gemiddelde snelheid van het verkeer sterk beperkt. De optrektoeslag ten gevolge van deze snelheidsbeperkende maatregelen wordt alleen toegepast als ten gevolge van die obstakels de gemiddelde snelheid van de voertuigen ten minste wordt gehalveerd. De correctieterm geeft een toeslag weer ten opzichte van verkeer dat rijdt met een constante snelheid van 50 km/u. De optrektoeslag is het maximum van twee correctietermen, volgens de formule:

$$\Delta L_{OP,m} = \max(\Delta L_{\text{kruispunt},m}; \Delta L_{\text{obstakel},m}) \quad \Delta L_{OP,m} = \max(\Delta L_{\text{kruispunt},m}; \Delta L_{\text{obstakel},m}) \quad (2.5)$$

met:

$\Delta L_{\text{kruispunt},m}$: de toeslag door een kruispunt;

$\Delta L_{\text{obstakel},m}$: de toeslag door een situatie die de gemiddelde snelheid sterk beperkt.

Bij 'modelleringsnelheden' die afwijken van 50 km/u moet nader onderzoek plaatsvinden naar de hoogte van de optrektoeslag. Bij een modelleringsnelheid van 30 km/u wordt geen optrektoeslag gehanteerd.

2.5.1 De kruispunttoeslag $\Delta L_{\text{kruispunt}}$

Bij de berekening van de kruispunttoeslag $\Delta L_{\text{kruispunt}}$ wordt onderscheid gemaakt naar verschillende typen kruispunt.

Het type van een kruispunt wordt bepaald met behulp van de volgende drie criteria:

1. de orde van het kruispunt:
 - a. een kruispunt is van de eerste orde als ten minste drie van de op het kruispunt aansluitende weggedeelten een totale intensiteit van 2.500 motorvoertuigen per etmaal hebben;
 - b. een kruispunt is van de tweede orde als twee van de op het kruispunt aansluitende weggedeelten een totale intensiteit van 2.500 motorvoertuigen per etmaal hebben;
2. de verkeersregeling op het kruispunt. Zijn verkeerslichten afwezig of niet in werking, dan spreekt men van een ongeregeld kruispunt. In alle andere gevallen van een geregeld kruispunt;
3. de intensiteitverhouding van de kruisende verkeersstromen. Als deze verhouding tussen de 1/3 en 3 ligt, is er sprake van een gelijkwaardig kruispunt, in alle andere gevallen van een ongelijkwaardig kruispunt. Een voorrangskruising is in alle gevallen ongelijkwaardig.

Voor de berekening van de kruispunttoeslag $\Delta L_{\text{kruispunt}}$ zijn de volgende gegevens nodig:

a : de afstand van het waarneempunt tot het snijpunt van de betrokken rijlijn met het verlengde van de dichtstbijzijnde wegrand van het kruisende weggedeelte [m];

q : het type kruispunt (dat wil zeggen de orde, de verkeersregeling en de intensiteitverhouding).

Bij ongeregelde kruispunten wordt geen kruispunttoeslag in rekening gebracht.

De berekening voor geregelde kruispunten gebeurt op de volgende manier.

Voor lichte motorvoertuigen (lv):

$$\Delta L_{\text{kruispunt}} = 0 \quad \text{voor } a \leq 150\text{m} \quad (2.6)$$

Voor middelzware (mv) en zware voertuigen (zv):

$$\Delta L_{\text{kruispunt}} = q(2,4 - 0,016a) \quad \text{voor } a \leq 150\text{m} \quad (2.7)$$

waarbij q afhankelijk is van het type kruispunt. De waarde van q volgt uit tabel 2.5.

Voor alle voertuigcategorieën geldt:

$$\Delta L_{\text{kruispunt}} = 0 \quad \text{voor } a > 150\text{m} \quad (2.8)$$

Ligt het waarneempunt in de invloedssfeer van meerdere kruispunten, dan wordt alleen de hoogste kruispunttoeslag in rekening gebracht.

Tabel 2.5 De kruispuntkentallen q als functie van het type kruispunt

Orde van het kruispunt	Gelijkwaardig kruispunt	Ongelijkwaardig kruispunt
Eerste	1	2/3 (1/2 ¹)
Tweede	1 (2/3 ¹)	1/2 ²

¹ In geval van een groene golf.

² Hierin zijn ook met verkeerslichten beveiligde voetgangersoversteekplaatsen begrepen.

2.5.2 Obstakeltoeslag $\Delta L_{\text{obstakel}}$

De toeslag voor de aanwezigheid van een situatie die de snelheid sterk beperkt $\Delta L_{\text{obstakel}}$ wordt toegepast tot 100 m van de oorzaak van de snelheidsbeperking. Deze correctie wordt toegepast als ten gevolge van de obstakel de gemiddelde snelheid van het verkeer ten minste wordt gehalveerd en het verkeer ten gevolge van de obstakel afremt en weer optrekt. Deze toeslag wordt op de volgende manier berekend:

Voor lichte motorvoertuigen (lv):

$$\Delta L_{\text{obstakel}} = 0 \quad \Delta L_{\text{obstakel}} = 0 \quad (2.9)$$

Voor middelzware (mv) en zware voertuigen (zv):

$$\Delta L_{\text{obstakel}} = 1 - 0,01a \quad (2.10)$$

$$\Delta L_{\text{obstakel}} = 1 - 0,01a$$

met: a = de afstand van het waarneempunt tot het midden van de obstakel [m].

Voor alle voertuigcategorieën geldt:

$$\Delta L_{\text{obstakel}} = 0 \quad \Delta L_{\text{obstakel}} = 0 \quad \text{voor } a > 100\text{m} \quad (2.11)$$

Als meerdere snelheidsbeperkingen in rekening zouden kunnen worden gebracht, wordt alleen de meest dichtstbijzijnde snelheidsbeperking beschouwd.

2.6 De geometrische uitbreidingsterm ΔL_{GU}

Voor de berekening van de geometrische uitbreidingsterm zijn de volgende gegevens nodig:

R_0 : de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn (in 3D) [m].

Θ : de hoek die het sectorvlak maakt met het rijlijnsegment (in graden).

Φ : de openingshoek van de sector (in graden).

Voor bronnen met een afmeting groter dan een sectorhoek worden de hoeken Θ en Φ bepaald op basis van het vlak gevormd door het waarneempunt en de snijpunten van de sectorgrensvlakken met de bron. Als het eindpunt van een bron binnen een sector valt wordt het eindpunt van de bron genomen als snijpunt om de hoek Φ te bepalen. Als een rijlijn segment doorloopt tot de volgende sectorhoek, maar daar niet dat volgende sectorvlak doorsnijdt wordt het eindpunt van dat segment genomen om de hoeken Φ te bepalen. Bronnen (met een afmeting groter dan een sectorhoek) hebben geen bijdrage in een sectorhoek als er geen snijpunt is tussen sectorvlak en bron.

Voor bronnen met een afmeting kleiner dan een sectorhoek wordt de bijdrage van de bron berekend door uit te gaan van het midden van die bron voor de bepaling van het sectorvlak. Het begin en eindpunt van de bron wordt gebruikt voor de bepaling van de hoek Φ .

De berekening van ΔL_{GU} verloopt volgens de formule:

$$\Delta L_{GU} = 10 \lg \left(\frac{\Phi}{R_0 \sin(\Theta)} \right) \quad (2.12)$$

Als de hoek Θ een waarde aanneemt die gelijk is aan 0 is nader onderzoek vereist ter bepaling van de term ΔL_{GU} .

2.7 De luchtdemping ΔL_L

Voor de berekening van ΔL_L is het volgende gegeven nodig:

R_0 : de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn [m].

De berekening verloopt als volgt:

$$\Delta L_L = R_0 \delta_{lucht_i} \quad (2.13)$$

waarbij δ_{lucht} de luchtdempingscoëfficiënt is. De waarde van δ_{lucht} wordt gegeven in tabel 2.6.

Tabel 2.6 De luchtdempingscoëfficiënt δ_{lucht} als functie van de octaafband i

Octaafbandindex (i)	δ_{lucht} [dB/m]
1	0
2	0
3	0,001
4	0,002
5	0,004
6	0,010
7	0,023
8	0,058

2.8 De bodemdemping ΔL_B

Bij de bepaling van de bodemdemping ΔL_B wordt de horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt (symbool R) verdeeld in drie afzonderlijke delen:

- een brongebied;
- een waarneemgebied;
- en een middengebied.

Bron- en waarneemgebied hebben elk een lengte van 70 m. Het resterende gedeelte van de afstand R tussen bron- en waarneempunt is het middengebied. Als de afstand R kleiner is dan 140 m, dan is de lengte van het middengebied nihil. Als de afstand R kleiner is dan 70 m, dan zijn de lengtes van bron- en waarneemgebied beide gelijk aan de afstand R .

Voor elk van de drie gebieden wordt de gemiddelde (bodem)absorptiefractie bepaald. De gemiddelde absorptiefractie in een gebied wordt berekend door middeling van de absorptiefracties van de deelgebieden, waarbij een weging wordt toegepast die is gebaseerd op het quotiënt van de lengte van het deelgebied en de lengte van het totale gebied. Als de lengte van het middengebied nihil is, wordt de gemiddelde absorptiefractie van het middengebied op 1,0 gesteld.

Voor akoestisch hard gebied (water, geasfalteerde vlakken en dergelijke) is de absorptiefractie gelijk aan 0,0. Voor akoestisch zacht gebied zoals grasland, akkerland en bos- en duingrond is de absorptiefractie gelijk aan 1,0. Bij een wegdektype dat significant absorberende eigenschappen heeft (zoals ZOAB en (Fijn) tweelaags ZOAB), wordt een absorptiefractie van 0,5 aangehouden.

Een diffractor, niet zijnde een diffractor op scherm, heeft een absorptiefractie van 0,0.

In de situatie dat het bronpunt boven een wegdek met significant absorberende eigenschappen ligt, zijn de volgende regels van toepassing bij de bepaling van de gemiddelde absorptiefractie van het brongebied:

- Voor de eerste Y m vanuit het bronpunt wordt een absorptiefractie gelijk aan 0,0 toegepast. De waarde van Y wordt gegeven volgens de formule:

$$Y = \frac{X}{\sin(\theta)} \quad (2.14)$$

waarbij wordt verstaan onder:

θ : de hoek die het sectorvlak maakt met het rijlijnsegment (in graden)

X : 5 m

- De waarde van Y wordt begrensd door de lengte van het brongebied.

- Voor het restant van het brongebied worden de absorptiefracties gebruikt die voor het brongebied zijn gemodelleerd.

Voor de berekening van de bodemdemping zijn de volgende gegevens nodig:

R : de horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt [m];

h_b : de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m];

h_w : de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied [m];

B_b : de absorptiefractie van het brongebied [-];

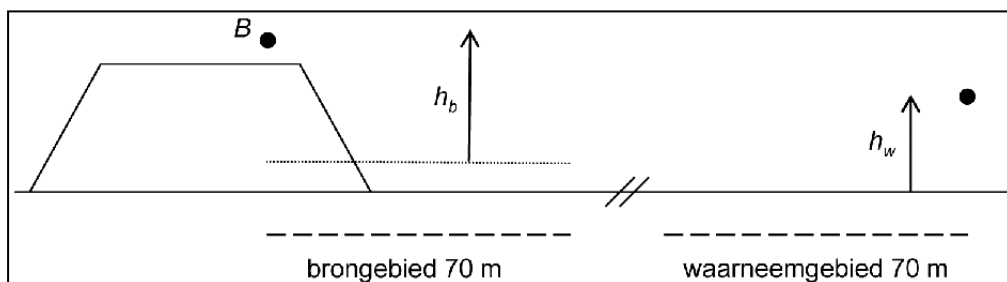
B_m : de absorptiefractie van het middengebied [-];

B_w : de absorptiefractie van het waarneemgebied [-];

S_w : effectiviteit van de bodemdemping in het waarneemgebied [-];

S_b : effectiviteit van de bodemdemping in het brongebied [-].

Ter verduidelijking van de definitie van h_b en h_w is in figuur 2.3 de ligging van de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied aangegeven voor een verhoogd aangelegde weg in een willekeurig sectorvlak.



Figuur 2.3 De bron- en waarneemhoogte ten opzichte van het gemiddeld plaatselijk maaiveld. Door de verhoogde ligging van de weg ligt het gemiddelde maaiveld in het brongebied iets boven het maaiveld naast het wegtalud.

Als h_b en/of h_w kleiner is dan 0, wordt voor h_b respectievelijk h_w de waarde 0 aangehouden. Als in de sector geen afscherming in rekening wordt gebracht, geldt dat S_w en S_b beide de waarde 1,0 aannemen. In geval van afscherming worden S_w en S_b berekend volgens formule 2.20 in § 2.10. De berekening van de bodemdemping verloopt volgens de formules, gegeven in tabel 2.7.

Tabel 2.7 De formules voor de bepaling van bodemdemping ΔL_B als functie van de octaafband i . De cursief gedrukte symbolen vormen de waarden die voor de variabelen x en y moeten worden gesubstitueerd in de functie $\gamma(x, y)$.

Octaafbandindex (i)	Bodemdemping ΔL_B [dB]			
1		$-3 \gamma_o(h_b + h_w, R)$		-6
2	$[S_b \gamma_1(h_b, R) + 1] B_b$	$-3[1 - B_m] \gamma_o(h_b + h_w, R)$	$+ [S_w \gamma_1(h_w, R) + 1] B_w$	-2
3	$[S_b \gamma_2(h_b, R) + 1] B_b$	$-3[1 - B_m] \gamma_o(h_b + h_w, R)$	$+ [S_w \gamma_2(h_w, R) + 1] B_w$	-2
4	$[S_b \gamma_3(h_b, R) + 1] B_b$	$-3[1 - B_m] \gamma_o(h_b + h_w, R)$	$+ [S_w \gamma_3(h_w, R) + 1] B_w$	-2
5	$[S_b \gamma_4(h_b, R) + 1] B_b$	$-3[1 - B_m] \gamma_o(h_b + h_w, R)$	$+ [S_w \gamma_4(h_w, R) + 1] B_w$	-2
6	B_b	$-3[1 - B_m] \gamma_o(h_b + h_w, R)$	$+ B_w$	-2
7	B_b	$-3[1 - B_m] \gamma_o(h_b + h_w, R)$	$+ B_w$	-2

8	B _b	$-3[1-B_m] \gamma_0 (h_b + h_w, R)$	+ B _w	-2

De functie γ worden als volgt gedefinieerd:

$$\gamma_0(x, y) = 1 - 30 \frac{x}{y} \quad \text{voor } y \geq 30x \quad y \geq 30x \quad (2.15a)$$

$$\gamma_0(x, y) = 0 \quad \text{voor } y < 30x \quad y < 30x$$

$$\gamma_1(x, y) = 3,0[1 - e^{-y/50}]e^{-0,12(x-5)^2} + 5,7[1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6}y^2}]e^{-0,09x^2} \quad (2.15b)$$

$$\gamma_2(x, y) = 8,6[1 - e^{-y/50}]e^{-0,09x^2} \quad (2.15c)$$

$$\gamma_3(x, y) = 14,0[1 - e^{-y/50}]e^{-0,46x^2} \quad (2.15d)$$

$$\gamma_4(x, y) = 5,0[1 - e^{-y/50}]e^{-0,90x^2} \quad (2.15e)$$

Voor de variabelen x en y worden de waarden van de grootheden gesubstitueerd die tussen haakjes in cursieven achter de overeenstemmende functies γ uit de formules als gegeven in tabel 2.7 zijn geplaatst.

2.9 De meteocorrectieterm C_M

Voor de berekening van de meteocorrectieterm C_M zijn de volgende gegevens nodig:

R : de horizontaal gemeten afstand tussen (spiegel)bron- en (spiegel)waarneempunt [m];

ζ : de hoek van de voortplantingsrichting (0° is van Noord naar zuid, 90° is oost naar west, etcetera) gezien in een directe lijn tussen bron en ontvanger zonder rekening te houden met eventuele spiegelbronnen of spiegelontvangers;

h_b : de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m];

h_w : de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneembied [m].

Als h_b en/of h_w kleiner is dan 0, wordt voor h_b respectievelijk h_w de waarde 0 aangehouden. De berekening verloopt als volgt:

Op basis van bovenstaande gegevens wordt de meteocorrectie bepaald voor de dagperiode (C_d) of voor de avond- en nachtperiode (C_{en}) volgens de formules:

$$C_d = \max \left\{ (-10 \cdot \lg(0,34 - 0,1 \cdot \sin(\zeta + 35) + 0,045 \cdot \sin^2(\zeta + 35)) - 0,67) \cdot \left(1 - 10 \cdot \frac{h_b + h_w}{r} \right); 0 \right\} \quad (2.16a)$$

$$C_{en} = \max \left\{ (-10 \cdot \lg(0,40 - 0,1 \cdot \sin(\zeta + 60) + 0,035 \cdot \sin^2(\zeta + 60)) - 0,67) \cdot \left(1 - 10 \cdot \frac{h_b + h_w}{r} \right); 0 \right\} \quad (2.16b)$$

2.10 De schermwerking ΔL_{SW} inclusief de termen S_w en S_b uit de bodemdempingsformules als gegeven in tabel 2.7.

Als zich binnen een sector objecten bevinden waarvan de zichthoek ten minste samenvalt met de openingshoek van die sector en waarvan daarnaast in redelijkheid is te verwachten dat die de geluidoverdracht zullen belemmeren, wordt de schermwerking ΔL_{SW} samen met een verminderde bodemdemping (vervat in de termen S_w en S_b , zie tabel 2.7 van § 2.8) in rekening gebracht. Voor de bepaling van de totale schermwerking wordt onderscheid gemaakt tussen objecten die voldoen aan de definitie van een middenbermscherm als bedoeld in hoofdstuk 6 en alle andere afschermende objecten.

De totale schermwerking ΔL_{SW} wordt berekend volgens de formule:

$$\Delta L_{SW} = \Delta L_{SWN} + C_{mbs} + C_{diff} \quad \Delta L_{SW} = \Delta L_{SWN} + C_{mbs} + C_{diff} \quad (2.17)$$

waarin:

ΔL_{SWN} : de schermwerking van een afschermend object, niet zijnde een middenbermscherm;

C_{mbs} : de middenbermcorrectie;

C_{diff} : de correctie voor een diffractoreffect voor een ingegraven diffractor.

De waarde van de correctieterm voor een middenbermscherm C_{mbs} volgt uit de methode, beschreven in hoofdstuk 6.

De waarde van de correctieterm voor een diffractor C_{diff} volgt uit de methode, beschreven in hoofdstuk 7.

De berekeningsformule van de schermwerking ΔL_{SWN} van een willekeurig gevormd object (niet zijnde een middenbermscherm of ingevragen diffractor) bevat vier termen, zie formule 2.18:

1. De eerste term beschrijft de afscherming van een equivalent ideaal scherm (een dun, verticaal vlak). De hoogte van het equivalente scherm is gelijk aan de grootste hoogte van het obstakel. De bovenrand van het equivalente scherm valt samen met de bovenrand van het object. Als op grond hiervan meerdere locaties van het equivalente scherm mogelijk zijn, wordt hieruit die locatie gekozen die maximale schermwerking tot gevolg heeft.
2. De tweede, de derde en de vierde term zijn alleen van belang als het profiel, dat wil zeggen de doorsnede in het sectorvlak, van het afschermend object afwijkt van dat van het ideale scherm;
 - a. Het extra afschermend effect van een diffractor bovenop een geluidscherm wordt in rekening gebracht met een correctieterm $C_{S,diff}$;
 - b. Het extra afschermdende effect van een schermtop – mits deze voldoet aan de in hoofdstuk 5 omschreven eisen – kan in rekening worden gebracht met een correctieterm C_T door een schermtop;
 - c. Het effect van alle andere van het ideale scherm afwijkende profielen wordt in rekening gebracht door het toepassen van een profielafhankelijke correctieterm C_p .

Als er meerdere afschermdende objecten in een sector aanwezig zijn, wordt alleen het object in rekening gebracht dat, bij afwezigheid van de andere objecten, de grootste afscherming zou geven.

De schermwerking ΔL_{SWN} wordt berekend volgens de formule:

$$\Delta L_{SWN} = HF(N_f) + C_{S,diff} + C_T - C_p \quad \Delta L_{SWN} = HF(N_f) + C_{S,diff} + C_T - C_p \quad (2.18)$$

waarin:

H : de effectiviteit van het scherm is;

$F(N_f)$: een functie met argument N_f (het fresnelgetal);

$C_{S,diff}$: de correctieterm voor een diffractor als schermtop op een geluidscherm;

C_T : de correctieterm door een schermtop in de vorm van een T-top;

C_p : de profielafhankelijke correctieterm.

Als de schermwerking ΔL_{SWN} op grond van formule 2.18 negatief wordt, wordt de waarde $\Delta L_{SW} = 0$ aangehouden.

Definities

Voor de berekening van de afschermdende effecten zijn de volgende gegevens nodig:

z_B : de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil (= horizontaal vlak waarin $z = 0$) [m];

z_W : de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil [m];

z_T : de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil [m];

h_b : de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m];

h_w : de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneembeid [m];

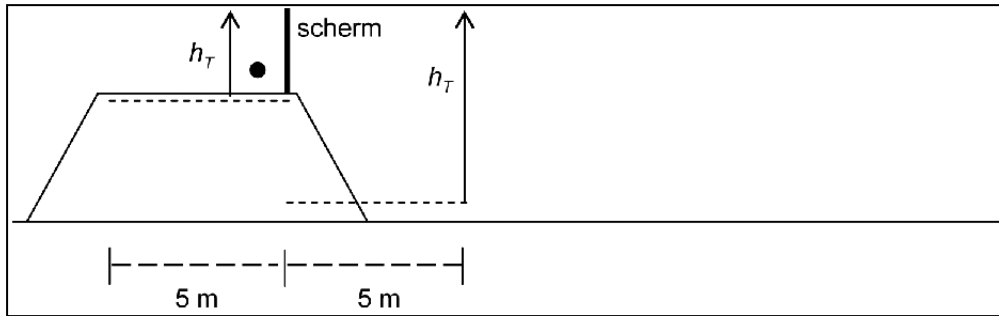
h_T : de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het plaatselijk maaiveld. Het plaatselijk maaiveld bij een scherm is de gemiddelde maaiveldhoogte in een strook ter breedte van 5 m aan beide zijden van het scherm. Als aan beide zijden van het scherm de maaiveldhoogte verschillend is, wordt de grootste waarde van h_T genomen, zie figuur 2.4 [m];

R_o : de afstand tussen bron- en waarneempunt gemeten langs de kortste verbindinglijn [m];

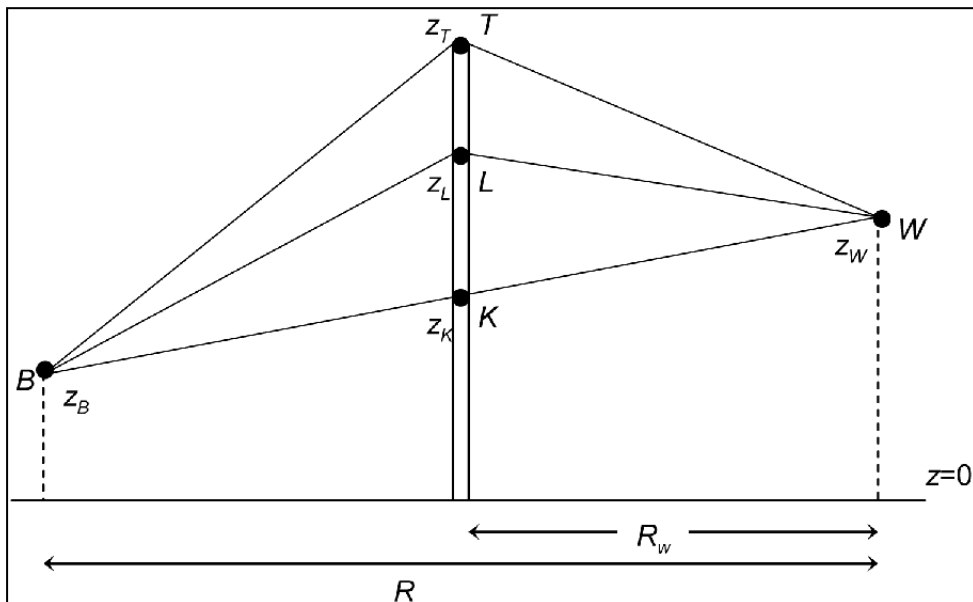
R_w : de horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm [m];

R : de horizontaal gemeten afstand tussen waarneem- en bronpunt [m]; en

–: het profiel van het afschermend object.



Figuur 2.4 De schermhoogte h_T bij een scherm op een verhoogd wegtalud. In dit voorbeeld is de situatie rechts bepalend voor h_T .



Figuur 2.5 Een sectorvlak met een ideaal scherm, waarop de punten K, T en L zijn aangegeven. De gebroken lijn BLW is een schematisering van een gekromde geluidstraal die onder meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt.

Voor de berekening worden op het scherm een drietal punten gedefinieerd (zie figuur 2.5):

K: het snijpunt van het scherm met de zichtlijn (= de rechte tussen bron- en waarneempunt);

L: het snijpunt van het scherm met een gekromde geluidstraal die onder meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt; en

T: de top van het scherm.

Deze drie punten bevinden zich op de respectievelijke hoogten z_K , z_L en z_T boven het referentiepeil.

Voor de afstand tussen de punten K en L geldt:

$$z_L - z_K = \frac{R_w(R - R_w)}{26R} \quad (2.19)$$

Verder geldt:

R_L is de som van de lengtes van de lijnstukken BL en LW ;

R_T is de som van de lengtes van de lijnstukken BT en TW ; en

R_0 is de som van de lengtes van de lijnstukken BK en KW .

Berekening verminderde bodemdamping

De factoren S_w en S_b uit formules als gegeven in tabel 2.7 (§ 2.8) worden berekend volgens de formules:

$$\begin{aligned} S_w &= 1 - \frac{R - R_w}{R} \frac{3h_e}{3h_e + 3h_w + 1} & \text{als } h_e < 0 \text{ dan } S_w = 1 \\ S_b &= 1 - \frac{R_w}{R} \frac{3h_e}{3h_e + 3h_b + 1} & \text{als } h_e < 0 \text{ dan } S_b = 1 \end{aligned} \quad (2.20)$$

waarin h_e de effectieve schermhoogte is, gedefinieerd als:

$$h_e = Z_T - Z_L \quad (2.21)$$

Berekening schermwerking van ideaal scherm

De schermwerking van een ideaal scherm is gelijk aan $H F(N_f)$.

H wordt als bepaald volgens de formule:

$$H = 0,25 h_T 2^{i-1} \quad (2.22)$$

i is hierin de octaafbandindex. De minimale hoogte van de top van het scherm ten opzichte van het plaatselijk maaiveld h_T waarmee wordt gerekend, is 0,5 m. De maximale waarde van H is 1.

N_f wordt als volgt bepaald:

$$N_f = 0,37 \varepsilon 2^{i-1} \quad (2.23)$$

met ε de 'akoestische omweg', die wordt gedefinieerd als:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= R_T - R_L & \text{voor } Z_T \geq Z_K \\ \varepsilon &= 2R_0 - R_T - R_L & \text{voor } Z_T < Z_K \end{aligned} \quad (2.24)$$

De definitie van de functie F is gegeven in de formules 2.25a tot en met f uit tabel 2.8.

Tabel 2.8 De definitie van de functie F met als variabele N_f voor zes intervallen van N_f (formules 2.25a tot en met f)

Geldig in het interval van N_f		Definitie $F(N_f)$
van	tot	
$-\infty$	$-0,314$	0
$-0,314$	$-0,0016$	$-3,682 - 9,288 \lg N_f - 4,482 \lg^2 N_f - 1,170 \lg^3 N_f - 0,128 \lg^4 N_f $
$-0,0016$	$+0,0016$	5
$+0,0016$	$+1$	$12,909 + 7,495 \lg N_f + 2,612 \lg^2 N_f + 0,073 \lg^3 N_f - 0,184 \lg^4 N_f - 0,032 \lg^5 N_f$
$+1$	$+16,1845$	$12,909 + 10 \lg N_f$
$+16,1845$	$+\infty$	25

Berekening van correctietermen voor afwijkende schermprofielen

Diffactor op scherm

De waarde van de correctieterm voor een diffractor op een scherm $C_{S,diff}$ volgt uit de methode beschreven in hoofdstuk 7.

Schermtop in de vorm van een T-top

De waarde van de correctieterm voor een schermtop C_T volgt uit de methode beschreven in hoofdstuk 5.

Andere profielen

De waarden van de profielafhankelijke correctieterm C_p volgen uit tabel 2.9.

Tabel 2.9 De profielafhankelijke correctieterm C_p . T is de tophoek (in graden) van de dwarsdoorsnede van het object

C_p	object
0 dB	– alle gebouwen – dunne wanden waarvan de hoek met verticaal $\leq 20^\circ$ – grondlichamen met $0^\circ \leq T \leq 70^\circ$ – alle grondlichamen met daarop een dunne wand, als de totale constructiehoogte minder dan twee maal de hoogte van die wand is, of als de wand hoger is dan 3,5 m – bij toepassing van een diffractor op een scherm, waarvan het effect met de correctieterm $C_{S,diff}$ in rekening wordt gebracht – bij toepassing van een schermtop, waarvan het effect met de correctieterm C_T in rekening wordt gebracht
2 dB	– randen van weglichamen in ophoging – randen van wegen op een viaduct – alle grondlichamen met daarop een dunne wand, als de totale constructiehoogte meer bedraagt dan twee maal de hoogte van die wand en de wand niet hoger is dan 3,5 m – grondlichamen met $70^\circ < T \leq 165^\circ$

In de gevallen waarin het profiel van het afschermend object niet overeenkomt met een van de in tabel 2.9 genoemde profielen wordt een nader onderzoek naar de schermwerking van dat object verricht.

Als de isolatiewaarde van de afscherming minder dan 10 dB groter is dan de berekende schermwerking ΔL_{SW} is nader onderzoek vereist naar de totale geluidreducerende werking van de afscherming.

2.11 De niveaureductie ΔL_R bij reflecties

De niveaureductie die optreedt bij reflecties wordt berekend met de volgende formule:

$$\Delta L_R = \Delta L_{R,abs} + \Delta L_F \quad \Delta L_R = \Delta L_{R,abs} + \Delta L_F$$

Hierin is:

$\Delta L_{R,abs}$ de niveaureductie op als gevolg van absorptie bij de reflecties;

ΔL_F de niveaureductie als gevolg van de eindige afmetingen van de reflecterende vlakken.

Berekening van $\Delta L_{R,abs}$

Voor de berekening van de niveaureductie ten gevolge van de absorptie bij reflecties is het volgende gegeven nodig:

N_{refl} het aantal reflecties (zie ook § 2.3) tussen bron- en waarneempunt [-].

De berekening verloopt volgens de formule:

$$\Delta L_R = N_{refl} \cdot \delta_{refl} \Delta L_R = N_{refl} \cdot \delta_{refl} \quad (2.26)$$

waarin δ_{refl} de niveaureductie ten gevolge van één reflectie is. Voor gebouwen en reflecterende geluidschermen geldt voor alle octaafbanden $\delta_{refl} = 1$ dB. Voor alle andere objecten geldt $\delta_{refl} = 0$ dB voor alle octaafbanden, tenzij het object aantoonbaar geluidabsorberend is uitgevoerd. In dat geval geldt per octaafband $\delta_{refl} = -10 \lg(1 - a)$, waarin a de geluidabsorptiecoëfficiënt van het object is in de betrokken octaafband.

Berekening van ΔL_F

De berekening van ΔL_F wordt beschreven voor een enkele reflectie. Bij meer dan een reflectie moeten de niveaureducties voor de afzonderlijke reflecties bij elkaar worden opgeteld, waarbij telkens wordt uitgegaan van het geluidpad van de spiegelbron uit de voorgaande reflectie naar de waarnemer.

De niveaureductie ΔL_F wordt berekend volgens de formule:

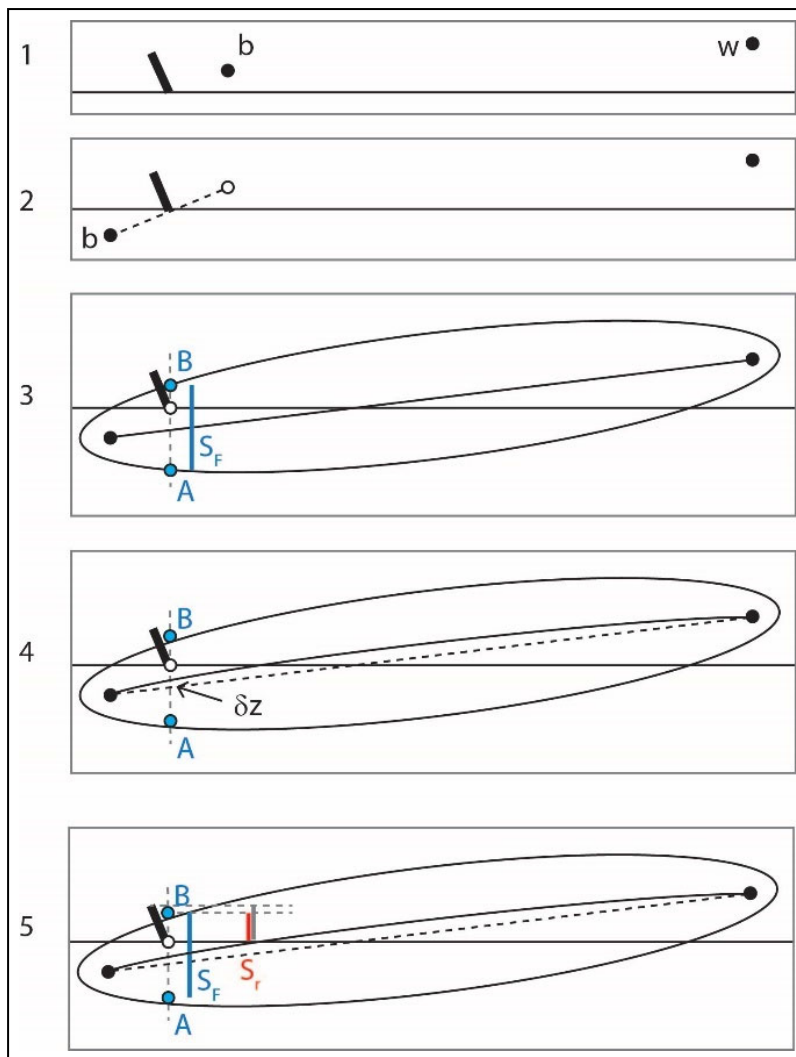
$$\Delta L_F = -20 \lg(S_r / S_F) \Delta L_F = -20 \lg(S_r / S_F)$$

waarbij wordt verstaan onder:

S_F : een maat voor de verticale afmeting van de Fresnelellipsoïde ter plaatse van (de voet van) het reflecterende oppervlak;

S_r : een maat voor het gedeelte van S_F dat ligt tussen de voet en de top van het reflecterende oppervlak.

De berekening van S_F en S_r bestaat uit vijf stappen, die zijn geïllustreerd in figuur 2.6.



Figuur 2.6 Illustratie van vijf stappen (1-5) voor de berekening van S_F en S_r voor reflectie aan een hellend oppervlak.

Stap 1. De posities van de bron (b), waarnemer (w) en het reflecterende oppervlak (in het verticale sectorvlak) vormen het uitgangspunt van de berekening.

Stap 2. De bron wordt vervangen door de spiegelbron (b), door geometrische spiegeling in het reflecterende vlak.

Stap 3. Punten A en B op de Fresnelellipsoïde worden bepaald, op een loodrechte lijn ter plaatse van de voet van het scherm. Voor punten p op de Fresnelellipsoïde geldt $|bp| + |pw| - |bw| = \lambda/8$, waarin $\lambda = 340/f_i$ de golflengte is bij de middenfrequentie f_i van een octaafband. De waarde van S_F is gelijk aan $|AB|$.

Stap 4. Punten A en B worden omhoog verschoven over afstand $\delta z = r_b r_w / [26(r_b + r_w)]$ door de invloed van stralkromming. Hierin zijn r_b en r_w de horizontale afstanden tussen b respectievelijk w en de voet van het scherm.

Stap 5. De afmeting S_r wordt berekend als de hoogte van het gedeelte van het verticale lijnstuk tussen A en B dat ligt tussen top en voet van het reflecterende oppervlak.

De waarden van S_F en S_r worden aldus berekend voor alle acht octaafbanden, van 63 Hz ($i=1$) tot en met 8 kHz ($i=8$). Op het resulterende spectrum $\Delta L_F(f_i)$ wordt tenslotte een correctie toegepast. Beginnend bij 63 Hz ($i=1$) wordt bij toenemende frequentie een bovengrens van 3 dB per

octaafband opgelegd op het verschil $\Delta L_F(f_{i+1}) - \Delta L_F(f_i)$. Dus voor successievelijk $i = 1, \dots, 7$ wordt $\Delta L_F(f_{i+1})$ vervangen door de kleinste van de volgende waarden:

$$\Delta L_F(f_{i+1}),$$

$$\Delta L_F(f_i) + 3$$

Als geldt $\Delta L_F(f_1) = \infty$, dan worden alle waarden $\Delta L_F(f_i)$ gelijkgesteld aan ∞ . De reflectie kan dan worden verwaarloosd.

2.12 Het octaafbandspectrum van het equivalente geluidniveau

Het A-gewogen equivalente geluidniveau in octaafband i , symbool $L_{eq,i}$, wordt gegeven door:

$$L_{eq,i} = 10 \lg \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{m=lv}^{zv} 10^{L_{eq,i,j,n,m}/10} \quad (2.27)$$

waarin de betekenis van de grootheden en de uitwerking ervan analoog zijn aan die van formule 2.1.

3 Standaardmeetmethode

Voor het bepalen van de geluidbelasting met behulp van metingen wordt de aanpak voor L_{den} -metingen gevolgd van de norm NEN-ISO 1996-2:2017, hierna te noemen 'de norm'. Voor de metingen kunnen drie soorten van situaties worden onderscheiden:

1. Een situatie die *binnen* het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. Dat wil zeggen dat de situatie berekend kan worden met de formules uit de standaardrekenmethode. In dat geval kan een gemeten L_{den} worden gebruikt om de geluidbelasting te valideren die met de standaardrekenmethode voor de locatie wordt vastgesteld. Een gemeten L_{den} kan daarmee inzicht bieden in de kwaliteit en betrouwbaarheid van de rekenmethode, mits de metingen ook zelf van voldoende kwaliteit zijn en mits de totale meetonzekerheid correct is bepaald en op navolgbare wijze gerapporteerd. Een gemeten L_{den} kan in deze situatie geen zelfstandige juridische status hebben als 'geluidbelasting' die wordt getoetst aan geluidnormen.
2. Een situatie die *gedeeltelijk binnen en gedeeltelijk buiten* het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. In dit geval kan het nuttig zijn om metingen uit te voeren ter verbetering van de rekenmethode, of om de meetresultaten te gebruiken om rekenresultaten mee te corrigeren. De gehanteerde methode moet worden onderbouwd en moet geschikt zijn voor de specifieke situatie.
3. Een situatie die volledig buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. In dat geval kan het noodzakelijk zijn om de geluidbelasting vast te stellen op basis van metingen.

Naast metingen kunnen, met in achtneming van de onder 1, 2 en 3 genoemde criteria, ook alternatieve reken- of meetmethoden worden gebruikt, als een situatie geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt.

Onder zekere voorwaarden kan van de voorgeschreven werkwijze uit de norm worden afgeweken en kan een eenvoudige methode worden gebruikt. Deze eenvoudige methode is alleen toegestaan voor metingen als bedoeld bij punt 1.

Voor situaties (gedeeltelijk) buiten het toepassingsgebied (punt 2 en 3) is een vereenvoudiging niet aan de orde, omdat dit bijzondere situaties zijn waarvoor per geval naar de meest geschikte mogelijkheden wordt gekeken om een representatieve geluidbelasting te bepalen. Daarbij worden de uitgangspunten gehanteerd van paragraaf 3.3.

3.1 Voorwaarden eenvoudige methode

Voor de meetafstand en meethoogte wordt uitgegaan van een afstand die de invloed van de meteo-condities en bodemreflecties op de meetonzekerheid zo klein mogelijk maakt. De locatie moet zo worden gekozen dat er geen beïnvloeding is van andere of kruisende (spoor)wegen of gevelreflecties.

Om volgens de eenvoudige methode een L_{den} te bepalen, moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

- A. Voor de meetafstand D tot de weg geldt: $D \leq 20 (h_s + h_r)$, waarbij h_s de bronhoogte is (*source*) en h_r de meethoogte (*receiver*). De bronhoogte is de hoogte van het wegdek boven maaiveld, vermeerderd met 0,75 m. Voor de meethoogte geldt: $h_r \geq 4$ m.
- B. Het gaat om één afzonderlijke weg, met een of meer rijstroken.
- C. Er zijn geen reflecterende objecten binnen een afstand $2D$ tot de microfoon.
- D. De meetgegevens (verstoorde uren niet meegeteld) hebben betrekking op:
 - o ten minste 720 daguren, 240 avonduren en 480 nachturen;
 - o met een gelijke verdeling over de weekdays (elke weekday heeft tussen 12% en 17% van het totaal aantal uren);
 - o waarbij de optreedfrequentie voor de vier meteoklassen ten minste de helft bedraagt van de langtijdgemiddelde optreedfrequentie (zie tabel 3.3);
 - o waarbij de temperatuur T na middeling over de gehele meetperiode tussen 5 en 15°C ligt; en
 - o de relatieve luchtvochtigheid RH gemiddeld over de gehele meetperiode tussen 70 en 90% ligt.
- E. Voor de meetapparatuur geldt: IEC-klasse 2 is toegelaten, mits het bronspectrum naar verwachting breedbandig is (geen tonaal geluid, geen excessief laag- of hoogfrequent geluid, bij twijfel wordt IEC klasse 1 gebruikt); windbol is vereist; meting van ten minste 1 L_{eq} -waarde per seconde (A-gewogen equivalente geluidniveau), of 1 L_E -waarde per event (A-gewogen geluidexpositieniveau). IJking vindt plaats vooraf, achteraf en tussendoor ten minste eens per drie maanden. Verschillen tussen de ijkingen zijn niet groter dan 0,5 dB voor IEC-klasse 1 en 1,5 dB voor IEC-klasse 2 geluidmeters. Als grotere verschillen optreden, worden die in de meetonzekerheid verdisconteerd.

Als aan de criteria onder D niet wordt voldaan, moet de meetperiode worden verlengd.

De metingen worden uitgevoerd volgens de werkwijze van paragraaf 3.2.

3.2 Werkwijze eenvoudige methode

Residueel geluid

De microfoon wordt met zijn gevoeligste richting omhoog georiënteerd. De meetpositie, de omgeving, de meetperiode en apparatuur moeten voldoen aan de voorwaarden uit paragraaf 3.1. Meetwaarden (L_{eq} per seconde of L_E per event) waarbij kortstondig, dat wil zeggen enkele seconden of minuten, verstoring plaatsvindt door residueel geluid, worden buiten de bepaling van de uurgemiddelden gehouden. Herkenning van versturende geluiden kan gebeuren op basis van spectrale of temporele kenmerken (fluitende vogels, vliegtuigen, sirenatest luchtalarm, tikkende vlaggenmasten, vuurwerk en dergelijke).

De overige meetwaarden worden verwerkt tot uurwaarden, dat wil zeggen uurgemiddelde A-gewogen ruwe waarden L' en uurgemiddelde waarden voor residueel geluid L_{res} . Voor het niveau van het residueel geluid kan de L_{90} of L_{95} worden gebruikt. Bij een zeer drukke weg zal de L_{90} of L_{95} geen representatief beeld van het residueel geluid geven en in dat geval kan het nodig zijn het residueel geluid te schatten.

Markeren en stratificeren

Uurwaarden worden als verstoord beschouwd en buiten beschouwing gelaten als één of meer van onderstaande situaties zich voordoen:

- Overmatig residueel geluid, dat wil zeggen uurwaarden met $L' - L_{res} < 5$ dB;
- Regen ($>1,0$ mm neerslag per uur);
- Verstoring door windgeruis (direct of indirect zoals door het ritselen van bladeren);
- Niet-representatieve geluidoverdracht (sneeuwdek, dichte mist, extreem lage of hoge temperaturen).

Als richtlijn voor verstoring door windgeruis op de microfoon met een 90 mm windbol gelden de volgende toegestane windsnelheden W_{max} .

Tabel 3.1 Toegestane windsnelheid op microfoonhoogte (richtwaarden)

Passageniveau ($L_{A,max}$) groter dan:	[dB(A)]	40	50	60	70
W_{max}	[m/s]	4	6	8	11

Uren waarbij een hogere uurgemiddelde windsnelheid dan W_{max} aanwezig is, worden als verstoord beschouwd. Om W_{max} uit de tabel af te kunnen lezen moet het (gemiddelde) passageniveau ($L_{A,max}$) voor de microfoonpositie op de meetlocatie bekend zijn. Als dat passageniveau niet uit de meetgegevens zelf kan worden afgeleid, kan het geschat worden, bijvoorbeeld met behulp van vergelijkbare metingen van elders of met berekeningen op basis van een geschikt rekenmodel.

De volgende meteogegevens zijn van belang: windrichting, windsnelheid, neerslag, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid. Deze worden bij voorkeur van een eigen meetstation op de meetlocatie betrokken. Als geen eigen neerslagwaarden beschikbaar zijn, worden registraties van de KNMI-neerslagradars gebruikt. Als ook die niet beschikbaar zijn, worden uurgegevens van de twee of drie meest nabije KNMI-weerstations of gelijkwaardig gebruikt, waarbij voor elk uur het maximale neerslagniveau (mm) van die weerstations wordt gebruikt, als *worst-case* benadering voor de geluidmeetlocatie.

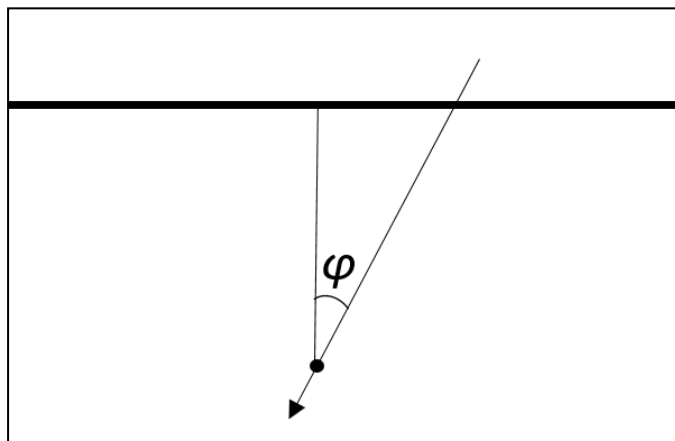
De uurwaarden voor L' en L_{res} die worden meegenomen in de analyse worden gecorrigeerd voor het aandeel residueel geluid volgens de formule:

$$L = L' + 10 \lg(1 - 10^{\frac{L_{res} - L'}{10}}) \quad (3.1)$$

Meteostratificatie

Op basis van de meewindcomponent V_{mee} van de windsnelheid V_{wind} , gemeten op 10 m hoogte, moet per uur worden bepaald van welke meteoklasse M1 tot en met M4 sprake is. Als φ de hoek is tussen de windrichting en dominante voortplantingsrichting vanuit de geluidbron (dat is meestal de kortste verbindinglijn tussen de weg en de meetpositie), wordt deze component gegeven door:

$$V_{mee} = V_{wind} \cos(\varphi) \quad (3.2)$$



Figuur 3.1 Bepaling van de hoek φ .

De meteoklassen hangen af van de meteorologische dag en nacht, en van de meewindcomponent zoals in tabel 3.2 aangegeven.

Tabel 3.2 Meteoklassen eenvoudige methode.

Meteoklasse	Omschrijving	Overdag	's Nachts
M1	ongunstig	$V_{mee} < 1 \text{ m/s}$	$V_{mee} < -1 \text{ m/s}$
M2	homogeen	$1 \text{ m/s} \leq V_{mee} < 3 \text{ m/s}$	niet van toepassing
M3	gunstig	$3 \text{ m/s} \leq V_{mee} \leq 6 \text{ m/s}$	niet van toepassing
M4	zeer gunstig	$V_{mee} > 6 \text{ m/s}$	$V_{mee} \geq -1 \text{ m/s}$

De mate waarin deze meteoklassen tijdens de meetperiode optreden, zal in het algemeen afwijken van de langtijdgemiddelde optreedfrequentie van deze meteoklassen. Om een representatieve L_{den} -waarde te bepalen is het nodig om de metingen te corrigeren voor het verschil tussen de optreedfrequentie in de meetperiode en de langtijdgemiddelde optreedfrequentie. Daartoe wordt van elke meetdag k het energetisch gemiddelde geluidniveau $L_{p,m,k}$ per etmaalperiode en per meteoklasse bepaald over de uurwaarden. Daarin geeft de index p de drie etmaalperioden aan (dag 7-19 uur, avond 19-23 uur, nacht 23-7 uur) en de index m de vier meteoklassen (M1, M2, M3, M4).

Daarnaast wordt de fractie $q_{p,m,k}$ berekend. Deze is gedefinieerd als het aantal geldige meeturen per meteoklasse m , gedeeld door het aantal geldige uren van die etmaalperiode. Per etmaalperiode (p) van elke meetdag (k) geldt $\sum_m q_{p,m,k} \sum_m q_{p,m,k} = 1$.

Het equivalente geluidsdrukkniveau per etmaalperiode en per meteoklasse, aangeduid met $L_{p,m}$, wordt over de gehele meetperiode bepaald met weging naar $q_{p,m,k}$:

$$L_{p,m} = 10 \lg \left(\frac{1}{Q_{p,m}} \sum_k q_{p,m,k} 10^{\frac{L_{p,m,k}}{10}} \right) \text{ dB} \quad (3.3)$$

waarin $Q_{p,m}$ als volgt is gedefinieerd:

$$Q_{p,m} = \sum_k q_{p,m,k}$$

Deze met $q_{p,m,k}$ gewogen energetische middeling van geluidwaarden is nodig om de bijdragen van onafhankelijke metingen correct te verwerken. Alleen metingen afkomstig uit verschillende etmalen gelden meteorologisch als onafhankelijk van elkaar. Het totale aantal bijdragende etmalen kan worden berekend door $Q_{p,m}$ te sommeren over de meteoklassen: $\sum_m Q_{p,m}$.

Voor de standaardafwijking $u_{p,m}$ die de onzekerheid in de emissie representeert voor $L_{p,m}$, geldt dat alle $L_{p,m,k}$ onafhankelijke metingen betreffen. De standaardafwijking u_m kan daarom worden berekend volgens de formule:

$$u_{p,m} = 10 \lg \left(10^{\frac{L_{p,m}}{10}} + S_{p,m} \right) - L_{p,m} \text{ dB} \quad (3.4)$$

waarin $S_{p,m}$ wordt bepaald door

$$S_{p,m}^2 = \frac{1}{Q_{p,m}} \sum_k q_{p,m,k} \left(10^{\frac{L_{p,m,k}}{10}} - 10^{\frac{L_{p,m}}{10}} \right)^2 \quad (3.5)$$

Verwerking meetresultaat per periode

Voor het extrapoleren van de meetresultaten naar een jaargemiddelde waarde is het noodzakelijk de langtijdgemiddelde optreedfrequenties $f_{\text{optreed},p,m}$ van de verschillende meteoklassen in elke etmaalperiode te kennen. De optreedfrequentie wordt in tabel 3.3 opgezocht bij de betrokken etmaalperiode p en bij de sectorhoek die van toepassing is op de meetsituatie. Voor meetlocaties op grotere afstand van De Bilt kan een eigen langtijdgemiddelde worden bepaald op basis van uurgegevens van een nabijgelegen KNMI-meetstation over een recente periode van ten minste 20 jaar.

Tabel 3.3 Optreedfrequentie f_{optreed} per sectorhoek van de meewindcomponent in De Bilt (1989-2018). Hier representeert 0° een meewindrichting van noord naar zuid, 90° van oost naar west, enz.

sectorhoek (°)	$p=\text{dag}$				$p=\text{avond}; p=\text{nacht}$			
'van' – 't/m'	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
350 - 10	0,7	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
10 - 30	0,7	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
30 - 50	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
50 - 70	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
70 - 90	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
90 - 110	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
110 - 130	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
130 - 150	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
150 - 170	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
170 - 190	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
190 - 210	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
210 - 230	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
230 - 250	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
250 - 270	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
270 - 290	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
290 - 310	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
310 - 330	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
330 - 350	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6

Het jaargemiddelde geluidniveau per etmaalperiode, L_p , wordt als volgt bepaald:

$$L_p = 10 \lg \left(\sum_m f_{\text{optreed},p,m} 10^{\frac{L_{p,m}}{10}} \right) \text{ dB} \quad (3.6)$$

De totale meetonzekerheid voor L_p bedraagt:

$$u_p = \sqrt{\sum_m c_{p,m}^2 u_{p,m}^2 + u_{\text{wind}}^2 + u_{\text{nat}}^2 + u_{\text{meteo}}^2 + u_{\text{res}}^2 + u_{\text{slm}}^2} \quad (3.7)$$

waarin de gevoeligheidscoëfficiënten $c_{p,m}$ zijn gedefinieerd als

$$c_{p,m} = \frac{f_{optreed,p,m} 10^{\frac{L_{p,m}}{10}}}{10^{\frac{L_p}{10}}} \quad (3.8)$$

en waarin de overige bronnen van meetonzekerheid als volgt zijn bepaald:

u_{wind} is de onzekerheid door het schrappen van uurwaarden met te harde wind. Ook het geluid in die geschrapte periodes draagt bij aan het totale geluid in de gemeten situatie. Hiervoor geldt: $u_{wind} = (6/W_{max})^2$ [dB].

u_{nat} is de onzekerheid als gevolg van het meten tijdens periodes met een natte windbol. Een natte windbol kan tot enkele uren na de regenbui een effect hebben van enkele dB's. Voor een langdurige meetperiode, zoals bij de eenvoudige methode, is het percentage natte uren niet variabel en is het effect te schatten op $u_{nat} = 0,3$ dB. Op basis van artikel 8.3 van de ISO-norm kan de meetonzekerheid nauwkeuriger worden bepaald, als het geluideffect voor het type microfoon en windbol afhankelijk van de neerslagwaarde en opdroogtijd in detail bekend is.

u_{meteo} is de onzekerheid in het bepalen van de juiste meteoklasse. Deze wordt geschat op 0,3 dB. Met annex F.1 van de ISO-norm kan het effect nauwkeuriger worden bepaald.

u_{res} is de onzekerheid in het bepalen van het residueel geluid op basis van L_{90} of L_{95} tijdens onbemande metingen. Deze wordt geschat op 0,5 dB. Met annex F.2 van de ISO-norm kan het effect nauwkeuriger worden bepaald.

u_{slm} is de meetonzekerheid van de meetketen. Deze bedraagt 0,5 dB voor IEC-klasse 1 en 1,5 dB voor IEC-klasse 2 geluidmeters. De bij de ijkingen gevonden afwijkingen kunnen aanleiding geven om hogere onzekerheden in rekening te brengen.

Bepaling L_{den}

De resultaten van dag, avond en nacht worden samengenomen om de L_{den} met de bijbehorende meetonzekerheid te bepalen. De L_{den} wordt berekend met:

$$L_{den} = 10 \lg \left(\frac{12}{24} 10^{L_{dag}/10} + \frac{4}{24} 10^{(L_{avond}+5)/10} + \frac{8}{24} 10^{(L_{nacht}+10)/10} \right) \text{ dB} \quad (3.9)$$

De meetonzekerheid bedraagt:

$$u_{den} = \sqrt{\left[\left(\frac{12}{24} 10^{\frac{L_{dag}}{10}} \right)^2 u_{dag}^2 + \left(\frac{4}{24} 10^{\frac{L_{avond}+5}{10}} \right)^2 u_{avond}^2 + \left(\frac{8}{24} 10^{\frac{L_{nacht}+10}{10}} \right)^2 u_{nacht}^2 \right] / 10^{\frac{L_{den}}{10}}} \quad (3.10)$$

Het eindresultaat wordt genoteerd met 95% betrouwbaarheidsinterval. De grootte van dat interval is tweemaal de standaard meetonzekerheid. De notatie is " $L_{den} = [L_{den}] \pm 2 \cdot [u_{den}]$ dB (95% BI)", waarin de rechte haken de getalswaarden aangeven.

Vergelijking met standaardrekenmethode

Als de gemeten L_{den} wordt vergeleken met een L_{den} -waarde die voor de onderzochte situatie is bepaald met de standaardrekenmethode, zijn er aanvullende factoren waar rekening mee gehouden moet worden:

- Komt de gemodelleerde omgeving in het rekenmodel overeen met die bij de metingen?
- Komt het wegdektype in het model overeen met die bij de metingen?
- Komen de verkeersgegevens (intensiteiten en snelheden per voertuigcategorie) overeen, voor zover bekend?
- Betreft de berekende L_{den} -waarde de actuele situatie of een plafondsituatie/basisgeluidemissie?

Bij een vergelijking van berekende en gemeten L_{den} -waarde moet in elk geval rekening worden gehouden met het potentiële verschil tussen de momentane en gemiddelde emissie over de levensduur voor wegdekken. Akoestisch is dit een effect met een zaagtandverloop in de tijd,

waarbij de cyclus ten minste enkele jaren bedraagt. Daarnaast moet rekening worden gehouden met het emissieverhogend effect van een nat wegdek, dat wel in de meetwaarden aanwezig zal zijn maar niet in de berekende waarden. Ook wordt de temperatuurcorrectie betrokken bij een vergelijking van metingen en berekeningen. De correctiemethode daarvoor houdt in dat formule 3.1 wordt gecorrigeerd met $C_{\text{temp}}(\text{uur}) = 0,05 \cdot (T_{\text{lucht}}(\text{uur}) - 20)$, waarna nogmaals de formules 3.3, 3.6 en 3.9 worden toegepast. De te rapporteren waarde van de temperatuurcorrectie is gelijk aan het verschil tussen de L_{den} met en zonder toepassing van deze correctiemethode.

Rapportage eenvoudige methode

1. Het doel van de metingen.
2. Naam en adres van de instantie en naam van de personen die de meting hebben uitgevoerd.
3. Datum en plaats van de metingen.
4. Gegevens van de weg: aantal rijstroken, type wegdekverharding, de aanwezige geluidmaatregelen, de verkeerintensiteiten en snelheden volgens opgaaf van de bronbeheerder, en (als die beschikbaar is) de met de standaardrekenmethode berekende L_{den} voor de meetpositie en een bronverwijzing (naam, datum en kenmerk van het akoestisch onderzoek waarin die berekeningen zijn opgenomen).
5. Omschrijving en foto's van de meetlocatie: omgeving, bodem met eventuele begroeiing, meetpositie.
6. Een lijst van de gebruikte meetapparatuur en type microfoons en analyseapparatuur/software met serienummers en de laatste kalibratiedatum, als dat van toepassing is.
7. Het verloop van de temperatuur en luchtvochtigheid tijdens de gehele meetperiode, apart voor alle dagperioden en voor alle nachtperioden; het verloop van de uurwaarde L (uit formule 3.1) over het etmaal, apart per weekdag, als energetisch gemiddelde over de gehele meetperiode.
8. Een kwantitatieve onderbouwing waaruit blijkt dat aan de voorwaarden voor eenvoudige methode is voldaan. Een lijst van eventuele afwijkingen van de voorgeschreven methode die mogelijk van invloed zijn op het resultaat.
9. Het percentage van de ongeldige uren op het totaal aantal (geldige en ongeldige) uren, uitgesplitst naar oorzaak van verstoring (overmatig residueel geluid, regen, wind, niet-representatieve geluidoverdracht); de gehanteerde maximale waarde van de windsnelheid W_{max} met een toelichting van die keuze.
10. Meetonzekerheidsberekening voor dag, avond en nacht.
11. De L_{den} en het 95%-betrouwbaarheidsinterval, de schatting van de temperatuurcorrectie.
12. Bij vergelijking van gemeten en berekende L_{den} : een beschrijving van overeenkomsten en verschillen in uitgangspunten en waar mogelijk een kwantitatieve inschatting daarvan; een kwantitatieve inschatting van het effect van eventuele afwijkingen van de voorgeschreven meetsituatie en meetperiode ten opzichte van de werkelijke meetsituatie en meetperiode.
13. Als voor de meetsituatie een eigen langtijdgemiddelde optreedfrequentie is bepaald: een beschrijving van de gebruikte gegevens en de wijze van verwerking tot een langtijdgemiddelde.

3.3 Uitgangspunten bepaling geluidbelasting

Voor metingen met het doel een geluidbelasting of correctiewaarde vast te stellen (in situaties geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode) gelden de eisen en werkwijzen van de ISO-norm met inachtneming van de volgende bijzondere uitgangspunten:

1. Instrumentatie: volgens artikel 5 van de norm, met als aanvulling dat in tertsbanden van 25 Hz tot 10 kHz wordt gemeten.
2. Als het onvermijdelijk is om te meten op locaties met geluid van meerdere wegen en/of spoorwegen, worden de bijdragen per weg of spoorweg eerst uitgesplitst, voordat de overige bewerkingen, controles en correcties worden uitgevoerd. Voor het uitsplitsen kan

afhankelijk van de lokale situatie worden gebruik gemaakt van bijvoorbeeld detectielussen, lichtsluizen of hulpmicrofoons dichtbij elke bron.

3. De geluidbelasting kan op drie manieren wordt bepaald, volgens artikel 10.6.1, 10.6.2 of 10.6.3 van de norm.
4. Er wordt gestreefd naar een totale meetonzekerheid van niet meer dan ± 1 dB. De meetonzekerheid binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval is per definitie tweemaal zo groot, dus bij voorkeur niet meer dan ± 2 dB.
5. Het resultaat van de meting is een L_{den} die met bijbehorende meetonzekerheid binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval wordt opgegeven, met de volgende notatiewijze: $L_{den} = 61,2 \pm 1,8$ dB (95% BI). De uiteindelijke geluidbelasting (voor juridische context) wordt op hele dB's afgerond en zonder marge opgegeven, in dit voorbeeld 61 dB.
6. Residueel geluid ('achtergrondgeluid') wordt verwerkt volgens annex I van de norm.
7. Meteorstratificatie (M1, M2, M3 en M4) is nodig voor inzicht in representativiteit en voor correctie naar de langtijdgemiddelde situatie. In sommige gevallen moet een geschikt overdrachtsmodel worden gebruikt voor deze correctie. Bij de meteorstratificatie kan het nodig zijn de aanpak van annex A van de norm te volgen. In dat geval zijn de optreedfrequenties van tabel 3.3 niet van toepassing, omdat deze op basis van eenvoudige uitgangspunten zijn vastgesteld. Meteorgegevens voor wind, temperatuur en luchtvochtigheid worden bij voorkeur op de meetlocatie geregistreerd, maar kunnen worden betrokken van nabije KNMI-stations. Voor neerslag moeten eigen registraties op de meetlocatie worden gebruikt.
8. Correctie voor de luchtdemping volgens annex D.1 van de norm, naar 10°C en 80% RH voor Nederland.
9. Emissiestratificatie is nodig voor inzicht in representativiteit en voor correctie naar de maatgevende emissie of referentiesituatie. Deze correctie is volgens annex D.2 van de norm. Voor wegdekken wordt gecorrigeerd naar 20°C volgens paragraaf 4.1.5 van het rekenvoorschrift.
10. Als daar aanleiding voor is, moeten de meetwaarden ook worden gecorrigeerd voor het verschil tussen de wegdekkwaliteit tijdens de meetperiode en de gemiddelde kwaliteit over de levensduur.
11. Meetwaarden tijdens en na neerslag: volgens artikel 8.3 van de norm. Voor meetwaarden tijdens de opdroogperiode van de windbol wordt rekening gehouden met extra meetonzekerheid. Meetwaarden tijdens uren met te harde wind worden geschrapt, zo ook meetwaarden bij een nat wegdek. Meetwaarden tijdens uren met een sneeuwdek, dichte mist, extreem lage of hoge temperaturen worden geschrapt vanwege niet-representatieve geluidoverdracht.
12. Rapportage zoals bij de eenvoudige methode, met aanvullend: tabellen met gemiddelde meetwaarden per meetdag (gesplitst per etmaalperiode en meteoklasse), een analyse van de meetonzekerheid volgens annex F van de norm.

4 Wegdekcorrectie

4.1 Metingen

4.1.1

Om de wegdekcorrectie voor een bepaald product te bepalen, worden metingen uitgevoerd op ten minste vijf verschillende, geografisch gescheiden werken⁴ met hetzelfde product volgens de Statistical Pass-By-methode (SPB-methode), beschreven in NEN-EN-ISO 11819-1:2001. Volgens de SPB-methode worden de geluidniveaus gemeten van afzonderlijke voertuigpassages. Het meetpunt ligt op 7,5 m uit het hart van de rijstrook waarop de te meten voertuigen passeren. Naast het geluidniveau wordt ook de voertuigsnelheid gemeten.

⁴ Een wegvak met aaneensluitende dagproducties wordt beschouwd als één werk.

4.1.2

Er wordt onderscheid gemaakt tussen de drie voertuigcategorieën: lichte motorvoertuigen, middelzware en zware motorvoertuigen. Voor het bepalen van de wegdekcorrectie zijn alleen de gemeten geluidniveaus L_{Amax} van passages van lichte en zware motorvoertuigen van belang. De wegdekcorrectie voor middelzware motorvoertuigen wordt gelijkgesteld aan de wegdekcorrectie voor zware motorvoertuigen. Bij de lichte voertuigen worden de voertuigen, bedoeld in categorie 1b in annex B van NEN-EN-ISO 11819-1:2001, buiten beschouwing gelaten.

4.1.3

In afwijking van NEN-EN-ISO 11819-1:2001 geldt het volgende:

- De meethoogte bedraagt 3,0 m.
- De in NEN-EN-ISO 11819-1:2001 gestelde eisen aan de akoestische eigenschappen van het bodemgebied op de meetlocatie hoeven niet strikt te worden gevolgd, wel wordt aanbevolen om bij de keuze van de meetlocaties zoveel mogelijk met deze eisen rekening te houden.
- Als richtlijn geldt dat op elke locatie metingen aan ten minste 100 lichte en 50 zware motorvoertuigen beschikbaar moeten zijn. Het kan voorkomen dat deze aantallen op een locatie niet zijn gehaald, bijvoorbeeld omdat er onvoldoende vrachtwagens passeren. Het resultaat van die locatie kan dan wel worden meegenomen bij de verdere analyse voor het vaststellen van de wegdekcorrectie. Uiteindelijk bepaalt de grootte van het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde over alle meetlocaties of het eindresultaat betrouwbaar genoeg is.

4.1.4

Op het moment van publicatie van de wegdekcorrectie van een wegdekproduct zijn de achterliggende meetgegevens niet ouder dan tien jaar. Bij wijziging van een referentiespectrum uit tabel 4.1 of de referentiewaarden uit 4.3.5 moeten de wegdekcorrecties opnieuw worden vastgesteld met inachtneming van de termijn van tien jaar.

4.1.5

De luchttemperatuur op 1,2 m boven het wegoppervlak ligt tijdens de metingen tussen 5°C en 30°C. Bij de gemeten geluidniveaus wordt een temperatuurcorrectie opgeteld, waarmee alle meetresultaten worden genormaliseerd naar een referentietemperatuur van 20°C. De temperatuurcorrecties $C_{temp,m}$ voor $m = 1$ (lichte motorvoertuigen) en $m = 3$ (zware motorvoertuigen) worden bepaald uit de luchttemperatuur T_{lucht} (in°C op 1,2 m hoogte boven het wegdek) volgens de formules:

$$C_{temp,1} = 0,05 \cdot (T_{lucht} - 20) \text{ (voor lichte motorvoertuigen)} \quad (4.1)$$

$$C_{temp,3} = 0,03 \cdot (T_{lucht} - 20) \text{ (voor zware motorvoertuigen)} \quad (4.2)$$

4.2 Bepalen van het gemiddelde geluidniveau per voertuigcategorie en per meetlocatie

4.2.1

Per meetlocatie worden de lineaire regressielijnen voor lichte en zware motorvoertuigen bepaald van het A-gewogen gemeten geluidniveau (na temperatuurcorrectie) als functie van $\lg(v_m)$, waarin v_m de snelheid is van voertuigcategorie m . Er wordt onderscheid gemaakt tussen lichte motorvoertuigen ($m = 1$) en zware motorvoertuigen ($m = 3$).

4.2.2

De SPB-meting voor lichte of zware motorvoertuigen is niet bruikbaar voor het vaststellen van de wegdekcorrectie als bij de gemiddelde snelheid van de gemeten lichte of zware motorvoertuigen de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de regressielijn, na afronding op één decimaal, groter is dan

$$0,3 \cdot \sqrt{\left(\frac{99}{N_1} - 1\right)} \quad (4.3)$$

en

$$0,8 \cdot \sqrt{\left(\frac{49}{N_3} - 1\right)} \quad (4.4)$$

Hierin is N_1 het aantal gemeten lichte motorvoertuigen en N_3 het aantal gemeten zware motorvoertuigen op de meetlocatie. Als voor een voertuigcategorie na uitsluiting van een of meer locaties op grond van deze eis minder dan vijf locaties over blijven, kan voor die voertuigcategorie geen wegdekcorrectie (of verouderingscorrectie, zie 4.4.2) worden bepaald.

4.2.3

Uit de regressielijn volgt voor discrete waarden van de snelheid van 30, 40, ... 130 km/u (in stappen van 10 km/u, voor zware motorvoertuigen tot en met 100 km/u), het gemiddelde A-gewogen geluidniveau en het 95%-betrouwbaarheidsinterval van dat gemiddelde.

4.2.4

Bij N_1 lichte en N_3 zware motorvoertuigen wordt een gemiddeld A-gewogen geluidniveau uit 4.2.3 als 'betrouwbaar' gekwalificeerd als de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval, na afronding op één decimaal, kleiner is dan of gelijk is aan:

$$0,3 \cdot \sqrt{\left(\frac{99}{N_1} - 1\right)} \quad (4.5)$$

en

$$0,8 \cdot \sqrt{\left(\frac{49}{N_3} - 1\right)} \quad (4.6)$$

4.3 Bepalen van de initiële wegdekcorrectie uit middeling over verschillende locaties

4.3.1

Met het gemiddelde geluidniveau per voertuigcategorie en per meetlocatie, bepaald volgens paragraaf 4.2, zijn er bij elke discrete waarde van de snelheid v_m (in stappen van 10 km/u) per voertuigcategorie m ten minste vijf gemiddelde waarden van op verschillende locaties k ($k = 1, 2, \dots$) gemeten totale A-gewogen geluidniveaus $L_{k,m}(v_m)$ van voertuigpassages. Van de beschikbare waarden bij iedere snelheid is een deel als 'betrouwbaar' gekwalificeerd op basis van de grenzen aan het 95%-betrouwbaarheidsinterval in 4.2.4. Vervolgens wordt bij iedere snelheid gecontroleerd of van deze als betrouwbaar gekwalificeerde waarden de maximale spreiding tussen de verschillende locaties kleiner is dan 2,0 dB(A). Als de spreiding groter is, dan wordt de locatie met de waarde die het meeste afwijkt van het gemiddelde van de als betrouwbaar gekwalificeerde waarden voor de betrokken voertuigcategorie buiten beschouwing gelaten. Zo nodig wordt dit proces herhaald totdat de spreiding kleiner is dan 2,0 dB(A). Blijven er voor een voertuigcategorie minder dan vijf locaties over, dan kan voor die voertuigcategorie geen wegdekcorrectie worden bepaald.

4.3.2

Per voertuigcategorie m wordt van de (ten minste vijf) gemiddelde geluidniveaus $L_{k,m}(v_m)$ van de afzonderlijke meetlocaties bij snelheid v_m (in stappen van 10 km/u) een gewogen gemiddelde $L_{gem,m}(v_m)$ berekend op basis van de grootte van het 95%-betrouwbaarheidsinterval, volgens de formule:

$$L_{gem,m}(v_m) = \frac{\sum_i \frac{L_{k,m}(v_m)}{\Delta 95\% ci_{k,m}(v_m)^2}}{\sum_i \frac{1}{\Delta 95\% ci_{k,m}(v_m)^2}} \quad (4.7)$$

Hierin is $\Delta 95\%ci_{k,m}$ de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor locatie k en voertuigcategorie m. In het gemiddelde worden alle waarden $L_{k,m}(v_m)$ meegenomen, dus niet alleen de waarden die op basis van 4.2.4 als betrouwbaar zijn gekwalificeerd.

4.3.3

Bij de gemiddelde waarden over de locaties bij snelheid v_m , $L_{gem,m}(v_m)$, wordt $\Delta 95\%ci_{gem,m}(v_m)$, de helft van de grootte van het bijbehorende betrouwbaarheidsinterval, bepaald, volgens:

$$\Delta 95\%ci_{gem,m}(v_m) = \frac{1}{\sqrt{\sum_i \frac{1}{\Delta 95\%ci_{k,m}(v_m)^2}}} \quad (4.8)$$

4.3.4

Uit de gemiddelde waarden over alle locaties $L_{gem,m}(v_m)$ bij discrete waarden van de snelheid v_m (in stappen van 10 km/u) wordt per voertuigcategorie m het verband afgeleid tussen het totale A-gewogen geluidniveau en de logaritme van de snelheid, met lineaire regressie volgens $a_m + b_m \lg(v_m/v_{0,m})$. De lineaire regressie wordt gebaseerd op de gemiddelde waarden bij snelheid v_m die voldoen aan de volgende eisen:

- lichte motorvoertuigen ($m = 1$): snelheidsbereik 30–130 km/u en $\Delta 95\%ci_{gem,1}(v_m)$ (na afronding op één decimaal) $\leq 0,3$
- zware motorvoertuigen ($m = 3$): snelheidsbereik 30–100 km/u en $\Delta 95\%ci_{gem,3}(v_m)$ (na afronding op één decimaal) $\leq 0,8$.

De referentiesnelheid $v_{0,m}$ is gelijk aan 80 km/u voor lichte motorvoertuigen ($m = 1$) en 70 km/u voor zware motorvoertuigen ($m = 3$).

4.3.5

Uit het verschil tussen de waarden a_m en b_m uit de regressie volgens 4.3.4 en de waarden $a_{ref,m}$ en $b_{ref,m}$ van het referentiewegdek worden de waarden ΔL_m en τ_m bepaald volgens de formules:

$$\Delta L_m = a_m - a_{ref,m} \quad \Delta L_m = a_m - a_{ref,m} \quad (4.9)$$

$$\tau_m = b_m - b_{ref,m} \quad \tau_m = b_m - b_{ref,m} \quad (4.10)$$

waarin:

$a_{ref,1} = 77,5$ en $b_{ref,1} = 36,8$ voor lichte motorvoertuigen ($m = 1$) bij metingen op 3,0 m hoogte;
 $a_{ref,3} = 83,6$ en $b_{ref,3} = 29,9$ voor zware motorvoertuigen ($m = 3$) bij metingen op 3,0 m hoogte.

4.3.6

Per meetlocatie en per voertuigcategorie wordt het (lineair of rekenkundig) gemiddelde frequentiespectrum in acht octaafbanden (met middenfrequenties van 63 tot en met 8.000 Hz) berekend over alle gemeten frequentiespectra van individuele voertuigpassages op het moment dat het maximum geluidniveau tijdens de passage optreedt. Vervolgens wordt per octaafband lineair gemiddeld over de locaties, zonder weging op grond van betrouwbaarheid. Als een locatie op grond van 4.2.2 of 4.3.1 buiten beschouwing is gelaten, wordt het frequentiespectrum van die locatie ook in de middeling van de octaafbandwaarden niet meegenomen. Van de octaafbandwaarden van dit over de meetlocaties gemiddelde spectrum wordt de energetische som bepaald. Vervolgens wordt de energetische som van alle octaafbandwaarden afgetrokken, waarna de energetische som over de octaafbanden van het 'genormeerde' spectrum gelijk is aan 0 dB(A).

4.3.7

Van de genormeerde octaafbandwaarden uit 4.3.6 worden de octaafbandwaarden $a_{ref,i,m}$ van het genormeerde spectrum van het referentiewegdek uit tabel 4.1 afgetrokken. Bij iedere octaafbandwaarde van het verschil wordt vervolgens de waarde ΔL_m uit 4.3.5 opgeteld. Dit levert de octaafbandwaarden van de snelheidsonafhankelijke term van de initiële wegdekcorrectie $\Delta L_{i,m}$, waarin i het nummer is van de octaafband ($i = 1, 2 \dots 8$, voor de octaafbanden van 63 Hz tot en met 8.000 Hz).

Tabel 4.1 Octaafbandwaarden $a_{\text{ref},i,m}$ van de genormeerde frequentiespectra van het geluidniveau in het meetpunt bij het referentiewegdek

Voertuigcategorie	Middenfrequentie octaafband [Hz]							
	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
Lichte motorvoertuigen (m = 1)	-37,5	-29,3	-19,4	-10,6	-1,9	-6,5	-16,4	-26,7
Zware motorvoertuigen (m = 3)	-32,1	-24,8	-16,0	-4,7	-3,0	-9,6	-17,3	-26,0

4.3.8

De waarden $\Delta L_{i,m}$ en τ_m , leggen de initiële wegdekcorrectie $C_{\text{initieel},i,m}$ in octaafbanden vast volgens de formule:

$$C_{\text{initieel},i,m}(v_m) = \Delta L_{i,m} + \tau_m \lg(v_m/v_{0m}) \quad C_{\text{initieel},i,m}(v_m) = \Delta L_{i,m} + \tau_m \lg(v_m/v_{0m}) \quad (4.11)$$

De initiële wegdekcorrectie is alleen geldig voor die snelheden waarbij $\Delta 95\% C_{\text{igem},m}(v_m)$, na afronding op één decimaal, kleiner is dan of gelijk is aan 0,1 voor lichte motorvoertuigen (m = 1) en kleiner of gelijk is aan 0,4 dB(A) voor zware motorvoertuigen (m = 3). Het geldige snelheidsbereik voor de wegdekcorrectie zal in het algemeen voor lichte en zware motorvoertuigen verschillend zijn.

4.4 Bepalen van de verouderingscorrectie (C_{tijd})

4.4.1

De verouderingscorrectie $C_{\text{tijd},i,m}$ van een specifiek product volgt per octaafband i en voertuigcategorie m uit het verschil tussen het gemiddelde resultaat van SPB-metingen op locaties met een nieuw wegdek ($SPB_{\text{nieuw},i,m}$) en het gemiddelde resultaat van SPB-metingen op locaties waar hetzelfde wegdektype of -product langer in gebruik is dan 75% van de verwachte levensduur ($SPB_{>75\% \text{levensduur},i,m}$) volgens de formule:

$$C_{\text{tijd},i,m} = (SPB_{>75\% \text{levensduur},i,m} - SPB_{\text{nieuw},i,m})/2 \quad C_{\text{tijd},i,m} = (SPB_{>75\% \text{levensduur},i,m} - SPB_{\text{nieuw},i,m})/2 \quad (4.12)$$

waarin:

$$SPB_{\text{nieuw},i,m} = a_{\text{ref},m} + b_{\text{ref},m} \lg(v_{x,m}/v_{0,m}) + a_{\text{ref},i,m} + C_{\text{initieel},i,m}(v_{x,m}) \quad SPB_{\text{nieuw},i,m} = a_{\text{ref},m} + b_{\text{ref},m} \lg(v_{x,m}/v_{0,m}) + a_{\text{ref},i,m} + C_{\text{initieel},i,m}(v_{x,m}) \quad (4.13)$$

met de waarden $a_{\text{ref},m}$ en $b_{\text{ref},m}$ uit 4.3.5, $a_{\text{ref},i,m}$ volgens tabel 4.1 en $C_{\text{initieel},i,m}$ zoals bepaald in 4.3.8. De verouderingscorrectie wordt een vaste waarde van de snelheid $v_{x,m}$. Voor snelheid $v_{x,m}$ moet gelden dat deze binnen het snelheidsbereik ligt waarvoor de initiële wegdekcorrectie C_{initieel} geldig is volgens 4.3.8.

De waarden voor $SPB_{>75\% \text{levensduur},i,m}$ kunnen op drie manieren worden verkregen. Het heeft de voorkeur om de waarden voor $SPB_{>75\% \text{levensduur},i,m}$ vast te stellen op basis van SPB-metingen aan wegvakken aan het einde van de levensduur van het betrokken wegdektype of product. Deze methode staat beschreven in 4.4.2. Als er wel SPB-metingen beschikbaar zijn aan oudere wegvakken maar onvoldoende of geen daarvan betreffen wegvakken aan het einde van de levensduur, kan op basis van de extrapolatiemethode (zie 4.4.3) ook een $SPB_{>75\% \text{levensduur},i,m}$ worden vastgesteld.

Bij nieuwe wegdektypen of -producten zijn er logischerwijs geen meetgegevens aan oudere wegvakken beschikbaar. In dat geval kan tijdelijk de $SPB_{>75\% \text{levensduur},i,m}$ worden gebaseerd op de

waarden van een standaard wegdektype (zie 4.4.4). Zodra er voldoende oudere wegvakken beschikbaar zijn, kan de verouderingscorrectie worden vervangen en worden gebaseerd op metingen.

4.4.2

De waarden $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ worden bepaald uit de resultaten van SPB-metingen op ten minste vijf verschillende locaties waar het wegdek ouder is dan 75% van de verwachte levensduur. Na temperatuurcorrectie volgens 4.1.5 worden per meetlocatie en per voertuigcategorie de regressielijnen bepaald volgens 4.2.1 en wordt $\Delta 95\%_{cik,m}$ (de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval) getoetst bij snelheid $v_{x,m}$ (in plaats van bij de gemiddelde snelheid). De $\Delta 95\%_{cik,m}$ moet kleiner of gelijk zijn aan 0,3 dB voor lichte motorvoertuigen of 0,8 dB voor zware motorvoertuigen. Na eventuele uitsluiting van meetlocaties op grond van deze toets zijn per voertuigcategorie ten minste vijf locaties beschikbaar om de verouderingscorrectie te kunnen bepalen. Van die locaties wordt:

- het gemiddelde A-gewogen geluidniveau $L_{rgem,m}(v_{x,m})$ bepaald door de waarden van de regressielijnen bij snelheid $v_{x,m}$ rekenkundig te middelen; en
- het gemiddelde frequentiespectrum berekend over de gemeten individuele voertuigpassages (per voertuigcategorie afzonderlijk) en genormeerd volgens 4.3.6, zodat de energetische som over de octaafbanden van het genormeerde spectrum gelijk is aan 0 dB(A).

Sommatie van $L_{rgem,m}(v_{x,m})$ en de octaafbandwaarden van het genormeerde spectrum levert $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$.

4.4.3

Als er nog geen wegdekken beschikbaar zijn die al langer in gebruik zijn dan 75% van de verwachte gemiddelde levensduur, is er de mogelijkheid om de waarden $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ via extrapolatie af te leiden uit de resultaten van SPB-metingen op (ten minste) vijf locaties met wegdekken die ten minste vier jaar in gebruik zijn. Daarbij moet van elke locatie met een ten minste vier jaar oud wegdek bekend zijn hoe lang het wegdek al op die locatie in gebruik is. Van de locaties worden (na temperatuurcorrectie volgens paragraaf 4.1.5) per voertuigcategorie de regressielijnen bepaald volgens 4.2.1 en wordt $\Delta 95\%_{cik,m}$ (de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval) getoetst bij snelheid $v_{x,m}$ (in plaats van bij de gemiddelde snelheid). Na eventuele uitsluiting van meetlocaties op grond van deze toets moeten per voertuigcategorie ten minste vijf locaties beschikbaar zijn. Van elke locatie wordt de SPB-waarde bij $v_{x,m}$ en het bijbehorende octaafbandspectrum bepaald. Van deze resultaten wordt het rekenkundig gemiddeld octaafbandspectrum vastgesteld wat resulteert in de $SPB_{>4jaar,i,m}$. Het verloop tussen $SPB_{nieuw,i,m}$ en $SPB_{>4jaar,i,m}$ wordt geëxtrapoleerd van de gemiddelde gebruiksduur T_{ggd} van de meetlocaties met ten minste vier jaar oude wegdekken naar 80% van de verwachte gemiddelde levensduur $T_{80\%}$ van het betrokken wegdek volgens de formule:

$$SPB_{>75\%levensduur,i,m} = SPB_{nieuw,i,m} + (SPB_{>4jaar,i,m} - SPB_{nieuw,i,m}) \cdot \left(\frac{T_{80\%}}{T_{ggd}} \right) \quad (4.14)$$

4.4.4

Als van een specifiek product geen wegdekken voorhanden zijn om de verouderingscorrectie C_{tijd} vast te stellen, kan deze worden gebaseerd op de gegevens van het standaard (generieke) wegdektype waartoe het wegdek behoort. In dat geval wordt $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ overgenomen van het betrokken wegdektype en op basis daarvan wordt de verouderingscorrectie $C_{tijd,i,m}$ vastgelegd met behulp van formule 4.12.

De $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ voor een bepaald wegdektype kan voor snelheid $v_{x,m}$ worden bepaald uit tabel 4.2a met de regressieparameters $a_{>75\%levensduur,i,m}$ en $b_{>75\%levensduur,i,m}$ en onderstaande vergelijking:

$$SPB_{>75\%levensduur,i,m} = a_{>75\%levensduur,i,m} + b_{>75\%levensduur,i,m} \log(v_{x,m}/v_0) \quad (4.15)$$

De waarden voor $a_{>75\%levensduur,i,m}$ en $b_{>75\%levensduur,m}$ zijn opgenomen in tabel 4.2.

Tabel 4.2a Coëfficiënten voor $a_{>75\%levensduur,i,m}$ en $b_{>75\%levensduur,m}$ voor lichte motorvoertuigen

Volg nr	Wegdektype	$a_{>75\%levensduur,i,m}$								$b_{>75\%}$
		$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i=6$	$i=7$	$i=8$	
1	Referentiewegdek	40,0	48,2	58,1	66,9	75,6	71,0	61,1	50,8	36,8
2	1L ZOAB	40,1	51,8	60,8	70,3	77,0	69,1	60,0	52,9	30,3
3	Akoestisch geoptimaliseerd 1L ZOAB	44,5	52,8	58,3	69,2	72,3	67,3	60,2	52,1	24,7
4	2L ZOAB	40,5	51,1	59,5	65,6	73,2	66,2	57,7	50,0	33,8
5	2L ZOAB fijn	39,0	50,5	57,8	63,8	71,1	64,2	57,5	50,1	36,7
6	SMA 0/5	42,2	48,3	59,4	69,3	74,8	69,3	60,1	50,5	35,8
7	SMA 0/8	41,4	49,3	59,2	67,9	76,0	70,8	61,4	51,5	35,8
8	Akoestisch geoptimaliseerd SMA	41,4	49,3	59,2	67,9	76,0	70,8	61,4	51,1	35,8
9	Uitgeborsteld beton	42,2	48,9	60,5	70,2	79,2	72,9	60,2	50,1	38,2
10	Geoptim. uitgeborsteld beton	40,9	48,6	59,8	69,0	77,8	70,6	60,2	50,1	37,8
11	Fijngebezemd beton	42,2	48,8	61,9	70,1	78,3	74,8	63,5	51,5	44,5
12	Oppervlak-bewerking	42,2	50,3	61,8	72,0	80,7	72,2	61,2	51,1	36,6
13	Elementen-verharding keperverband	48,5	57,6	66,6	73,0	80,4	71,5	63,0	52,8	39,3
14	Elementen-verharding niet in keperverband	52,5	60,8	68,5	75,1	84,5	75,0	66,9	55,5	39,7
15	Stille elementen-verharding	48,0	55,2	64,0	70,8	75,5	66,2	59,2	50,9	35,1
16	Dunne deklagen A	44,6	49,34	56,8	66,9	74,6	68,9	59,9	49,4	28,6
17	Dunne deklagen B	44,4	49,14	56,4	66,6	74,6	69,3	60,4	49,3	27,0

Tabel 4.2b Coëfficiënten voor $a_{>75\%levensduur,i,m}$ en $b_{>75\%levensduur,m}$ voor (middel)zware motorvoertuigen

Wegdektype	$a_{>75\%levensduur,i(m)zvv}$	$b_{>75\%}$

Volg nr		<i>i</i> =1	<i>i</i> =2	<i>i</i> =3	<i>i</i> =4	<i>i</i> =5	<i>i</i> =6	<i>i</i> =7	<i>i</i> =8	
1	Referentiewegdek	52,6	58,9	67,7	79,0	80,7	74,1	66,4	57,7	29,9
2	1L ZOAB	53,2	60,5	69,9	79,9	77,5	70,5	64,6	58,0	29,7
3	Akoestisch geoptimaliseerd 1L ZOAB	53,3	60,5	68,3	80,3	77,0	71,9	65,6	57,2	21,5
4	2L ZOAB	53,1	59,9	68,2	75,0	75,7	68,6	62,5	54,8	34,5
5	2L ZOAB fijn	53,1	59,3	66,5	74,5	75,4	67,6	61,7	54,5	29,1
6	SMA 0/5	52,6	58,9	67,7	79,0	80,7	74,1	66,4	57,7	29,9
7	SMA 0/8	52,6	58,9	67,7	79,0	80,7	74,1	66,4	57,7	29,9
8	Akoestisch geoptimaliseerd SMA	52,6	58,9	67,7	79,0	80,7	74,1	66,4	57,7	29,9
9	Uitgeborsteld beton	52,6	60,0	68,1	78,7	80,5	73,4	65,3	56,7	34,3
10	Geoptim. uitgeborsteld beton	52,3	59,9	66,0	77,8	79,1	71,7	64,7	56,0	23,2
11	Fijngebezemd beton	52,6	62,2	70,1	80,9	82,7	75,3	66,5	57,7	33,6
12	Oppervlak- bewerking	52,6	60,9	69,5	80,0	80,0	72,0	64,5	56,0	31,4
13	Elementen- verharding keperverband	61,1	68,3	76,2	85,1	85,5	74,6	68,3	59,7	32,4
14	Elementen- verharding niet in keperverband	65,1	71,5	78,1	87,2	89,6	78,1	72,2	62,4	32,6
15	Stille elementen- verharding	53,0	60,3	69,1	81,2	84,3	76,5	68,6	58,1	29,9
16	Dunne deklagen A	55,4	62,3	70,5	82,3	84,1	75,2	67,4	58,9	21,4
17	Dunne deklagen B	55,4	62,3	70,5	82,3	84,1	75,2	67,4	58,9	18,5

4.5 Bepalen van de wegdekcorrectie uit de initiële wegdekcorrectie en C_{tijd}

4.5.1

De wegdekcorrectie voor octaafband i , voertuigcategorie m en snelheid v_m volgt uit $\Delta L_{i,m}$, T_m en $C_{tijd,i,m}$ volgens:

$$C_{wegdek,i,m}(v_m) = \sigma_{i,m} + \tau_{i,m} \log v_m / v_{0,m} \quad C_{wegdek,i,m}(v_m) = \sigma_{i,m} + \tau_{i,m} \log v_m / v_{0,m} \quad (4.16)$$

$$\text{Met } \sigma_{i,m} = \Delta L_{i,m} + C_{tijd,i,m} \sigma_{i,m} = \Delta L_{i,m} + C_{tijd,i,m} \quad (4.17)$$

De referentiesnelheid $v_{0,m}$ is gelijk aan 80 km/u voor lichte motorvoertuigen ($m = 1$) en 70 km/u voor middelzware en zware motorvoertuigen ($m = 2$ of $m = 3$).

4.5.2

Voor middelzware voertuigen ($m = 2$) wordt de wegdekcorrectie gelijkgesteld aan de wegdekcorrectie voor zware voertuigen.

4.5.3

Om het effect van het wegdek op de geluidniveaus te kunnen beoordelen of te kunnen vergelijken met andere wegdektypen, is het wenselijk dat deze als ééngetalswaarde kan worden uitgedrukt. Om tot deze ééngetalswaarde te komen wordt gebruikgemaakt van een standaardspectrum voor wegverkeersgeluid. Het resultaat is een inschatting van het wegdekeffect in geluidberekeningen, maar geldt derhalve als indicatief.

De wegdekcorrectie, $C_{wegdek,m}$, in dB(A) wordt berekend volgens de formule:

$$C_{wegdek,m} = \sigma_m + \tau_m \log(v_m/v_{0,m}) - C_{wegdek,m} = \sigma_m + \tau_m \log(v_m/v_{0,m}) \quad (4.18)$$

De waarde σ_m volgt uit $\sigma_{i,m}$ en de octaafbandwaarden van het genormeerde standaardspectrum voor het geluid van wegverkeer, $L_{weg,i,m}$, uit tabel 4.3:

$$\sigma_m = 10 \log \left(\sum 10^{((\sigma_{i,m} + L_{weg,i,m})/10)} \right) \quad (4.19)$$

Tabel 4.3 Octaafbandwaarden $L_{weg,i,m}$ voor octaafband i en voertuigcategorie m van het genormeerde standaardspectrum voor wegverkeersgeluid

$i =$	1	2	3	4	5	6	7	8
Middenfrequentie octaafband [Hz]	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
$L_{weg,i,1}$ (lichte motorvoertuigen)	-24	-23	-21	-13	-2,5	-5	-13	-27
$L_{weg,i,3}$ (zware motorvoertuigen)	-17	-17	-15	-8	-3	-6,5	-14	-27

4.6 Indeling wegdek in categorie

Een wegdekproduct wordt ingedeeld in een wegdektype gebaseerd op civieltechnische eigenschappen en de gemeten wegdekcorrectie. Bij het indelen in een wegdektype geldt de volgende op de eengetalswaarde geluidreductie gebaseerde, voorwaarde:

$C_{wegdek,lv,categorie} - C_{wegdek,lv,product} > 0,0$ $C_{wegdek,lv,categorie} - C_{wegdek,lv,product} \geq 0,0$ als de indeling plaats vindt op basis van alleen lichte motorvoertuigen en $C_{wegdek,m,categorie} - C_{wegdek,m,product} > -0,5$ $C_{wegdek,m,categorie} - C_{wegdek,m,product} \geq -0,5$ als de indeling plaatsvindt voor zowel lichte als zware motorvoertuigen.

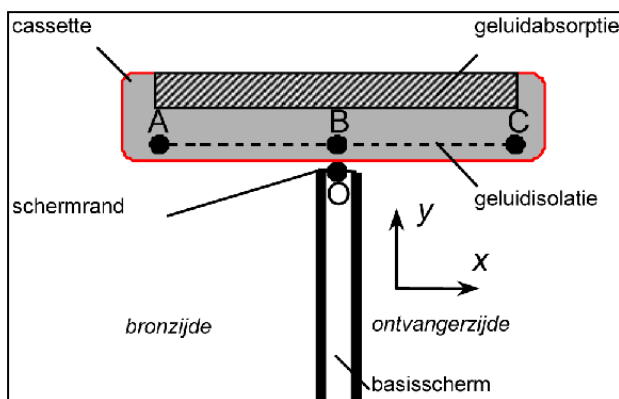
5 Rekenregel schermtop

5.1 Definitie

In dit hoofdstuk wordt de rekenregel beschreven voor de bepaling van de waarde van de correctieterm van een schermtop (C_T) als bedoeld in paragraaf 2.10 van hoofdstuk 2 van deze bijlage.

De in dit hoofdstuk beschreven rekenregel is alleen toepasbaar voor een zogenaamde 'T-top', die voldoet aan de volgende geometrische randvoorwaarden (zie figuur 5.1):

- punt A ligt aan de weg- of bronzijde van het scherm. De (horizontale) afstand tussen punt A en punt B is ten minste 1,0 m. Punt A ligt ten minste op gelijke hoogte als punt B met een tolerantie van $\pm 0,1$ m;
- bij de aansluiting van de T-top op het verticale scherm bij het punt O zijn spleten tot niet meer dan 10 mm toelaatbaar;
- punt C ligt aan de ontvangerzijde van het scherm. De (horizontale) afstand tussen punt B en punt C is ten minste 1,0 m. Punt C ligt ten minste op gelijke hoogte als punt B $\pm 0,1$ m.



Figuur 5.1 Schematische weergave van de T-top.

Daarnaast gelden de volgende eisen aan geluidisolatie en -absorptie:

- Geluidisolatie van de T-top: Tussen punten A en B en tussen punten B en C is geluidisolierend materiaal aanwezig, waarvan de geluidisolatie (DL_R) ten minste 20 dB(A) is, bepaald volgens NEN-EN 1793-2 voor het standaard-wegverkeersgeluidsspectrum. Voor gesloten (niet poreuze) panelen is hieraan voldaan als het oppervlaktegewicht op de lichtste plaats ten minste 15 kg/m² is.
- Geluidabsorptie van de T-top: Het geluidabsorberend materiaal is over de gehele breedte tussen punten A en C aanwezig boven de geluidisolerende panelen. Het geluidabsorberende materiaal bevindt zich niet onder de denkbeeldige lijn tussen punten A en C. De initiële geluidabsorptie van een nieuwe T-top is zodanig dat de niveaureductie door absorptie DL_a , zoals bepaald volgens NEN-EN 1793-1 ten minste 9 dB(A) is voor wegverkeerslawaaï.

5.2 Rekenregel

De waarde van de correctieterm C_T is onafhankelijk van de frequentie en wordt voor iedere bronpunt – waarneempunt verhouding afzonderlijk berekend. De berekening gebeurt in twee stappen.

1. De eerste stap bepaalt een kromme C in het verticale vlak door een bronpunt en een waarneempunt. De kromme start voor elk sectorvlak in het punt op de rand van de schermtop aan de bronzijde. De kromme wordt beschreven volgens de formule:

$$z_C(r_{TW}) = z_0(r_{TW}) - \frac{r_{TW}}{C_1} - \left(\frac{r_{TW}}{C_2} \right)^2 \quad (5.1)$$

waarbij wordt verstaan onder:

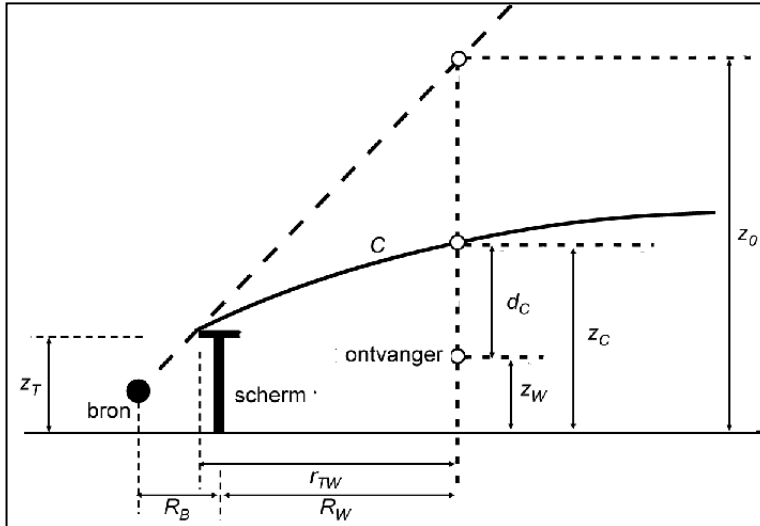
$z_C(r_{TW})$: de hoogte van de kromme C van de bron ter plaatse van het waarneempunt;

$z_0(r_{TW})$: de hoogte van de zichtlijn van de bron ter plaatse van het waarneempunt;

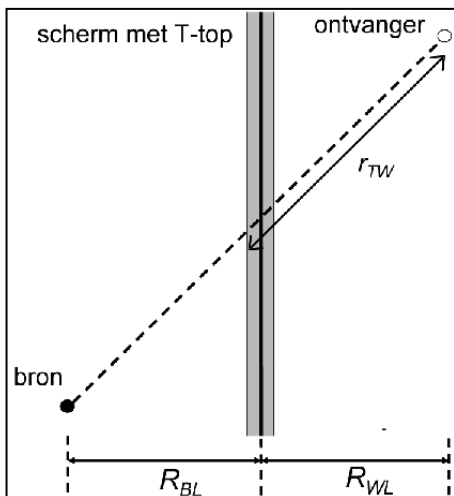
r_{TW} : de horizontale afstand tussen de rand van de schermtop (aan de bronzijde) en

de ontvanger;
 C_1 en C_2 : constanten.

De parameters zijn grafisch weergegeven in figuur 5.2 en figuur 5.3.



Figuur 5.2 Dwarsdoorsnede van de berekening van de verticale afstand d_c tussen de kromme C en de ontvanger.



Figuur 5.3 Boven-aanzicht van de berekening van de afstand r_{TW} tussen het scherm en de ontvanger.

De verticale afstand d_c tussen de kromme C en het waarneempunt wordt berekend volgens de formule:

$$d_c = z_W - z_C \quad d_c = z_W - z_C \quad (5.2)$$

waarbij:

z_W : de hoogte is van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil (horizontaal vlak waarin $z=0$) [m];

z_C : de hoogte is van de kromme C ten opzichte van het referentiepeil ter plaatse van het waarneempunt [m]; en

de term d_c negatief als het waarneempunt lager is dan de kromme C.

2. In de tweede stap wordt de waarde van C_T bepaald volgens de in figuur 5.4 weergegeven procedure.

Naast de al vermelde parameters d_C en r_{TW} , zijn de volgende gegevens nodig:

R_B : de horizontaal gemeten afstand tussen de bron en het geluidscherm langs een bepaald bron-waarneempunt-pad [m];

R_W : de horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm langs een bepaald bron-waarneempunt-pad [m];

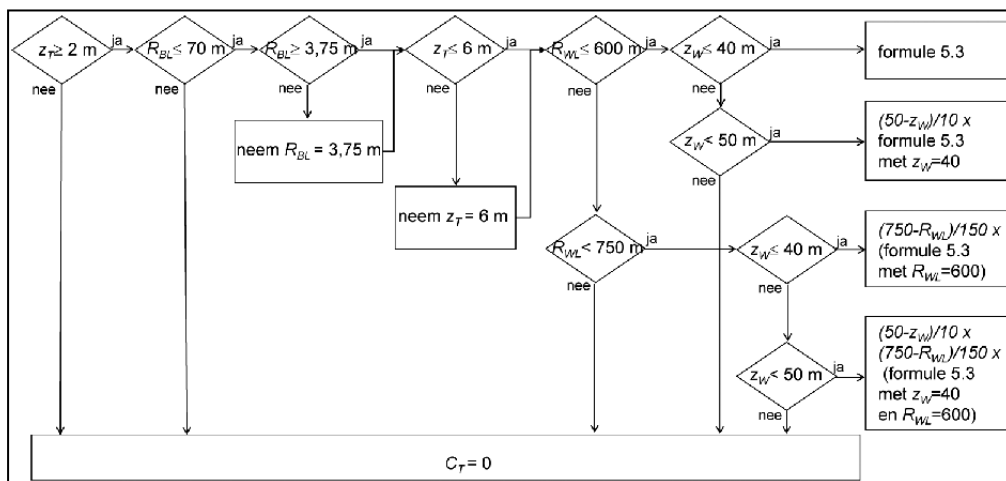
R_{BL} : de afstand tussen bron en geluidscherm gemeten langs de kortste verbindinglijn [m];

R_{WL} : de afstand tussen geluidscherm en waarneempunt gemeten langs de kortste verbindinglijn [m];

z_T : de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil [m];

z_W : de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil [m].

Ook deze parameters zijn grafisch weergegeven in figuur 5.2 of figuur 5.3.



Figuur 5.4 Procedure voor de bepaling van de waarde van C_T .

De basisberekening van C_T is verloopt volgens de formule:

$$C_T = \begin{cases} A & \text{voor } d_C \leq -C_3 r_{TW} \\ C_3 r_{TW} - d_C & \text{voor } -C_3 r_{TW} < d_C < C_3 r_{TW} \\ \frac{C_3 r_{TW} - d_C}{2C_3 r_{TW}} & \text{voor } d_C \geq C_3 r_{TW} \end{cases} \quad (5.3)$$

met:

C_3 en A : constanten.

De waarden van de constanten voor de in paragraaf 5.1 beschreven T-top zijn weergegeven in de onderstaande tabel. De constante C_0 heeft als waarde de breedte van de rand van de T-top aan de wezijde ten opzichte van het midden van het scherm.

Tabel 5.1 Waarden van de constanten ter bepaling van de correctieterm voor een schermtop

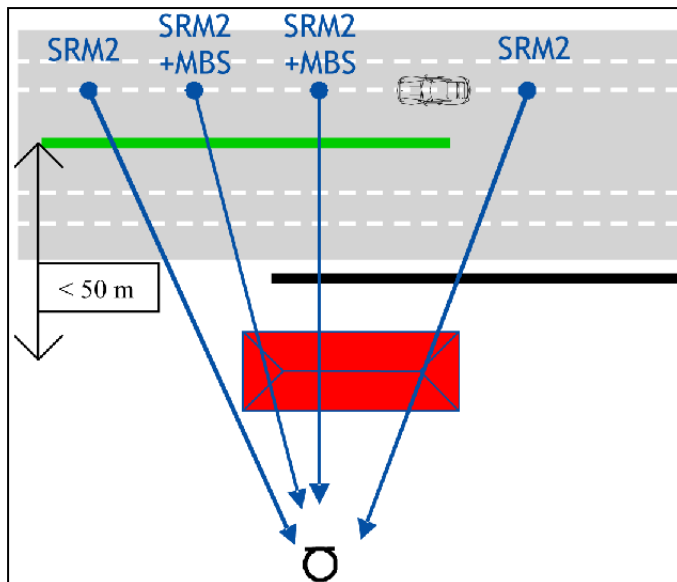
Constante	C_0	C_1	C_2	C_3	A
Waarde voor T-top	1,0	8,3	150	0,13	5,0

6 Rekenregel middenbermscherm

6.1 Definitie

In dit hoofdstuk wordt de rekenregel beschreven voor de bepaling van de waarde van de correctieterm voor een middenbermscherm als bedoeld in paragraaf 2.10 van deze bijlage. De in dit hoofdstuk beschreven rekenregel is alleen toepasbaar voor een zogenaamd middenbermscherm dat voldoet aan de volgende voorwaarden.

De middenbermschermcorrectie, C_{mbs} , is van toepassing op die afschermdende objecten die bestaan uit dunne wanden en waarvoor geldt dat in het pad tussen bron- en waarpneempunt zich behalve het genoemde afschermdende object een tweede afschermdende object bevindt op een afstand van, loodrecht gemeten, ten hoogste 50 m en waarvan de hoogte ten minste gelijk is aan de bronhoogte. Daarnaast bevindt zich tussen beide afschermdende objecten ten minste één rijlijn. Als niet aan deze voorwaarden voldaan is, dan wordt de afschermdende werking van het 'middenbermscherm' op eenzelfde manier bepaald als van andere afschermdende objecten, zoals beschreven in paragraaf 2.10 van deze bijlage.



Figuur 6.1 Schematische weergave van situaties waarbij het effect van een middenbermscherm wordt bepaald volgens de rekenregel middenbermscherm.

Als het tweede afschermdende object een gebouw is, dan bevindt dat gebouw zich ook op een afstand van het middenbermscherm van ten hoogste 50 m. Deze afstand is gemeten loodrecht op het middenbermscherm en is de afstand tussen beide voor de afscherming bepalende diffractieranden. Zie figuur 6.1.

Het effect van een wand tussen de beide rijbanen in tunnelbakken, een soort middenbermscherm, wordt niet op deze wijze bepaald omdat deze situatie extra complex is en vooralsnog niet is geverifieerd of de effecten op een juiste wijze worden beschreven. Een weg wordt geacht in een tunnelbak te liggen als er sprake is van een betonnen bakconstructie waarbij het niveau van het wegdek ten minste 2 m onder het maaiveld ligt. Nader onderzoek naar toepassingsmogelijkheden voor tunnelbakken wordt nog uitgevoerd.

6.2 Rekenregel

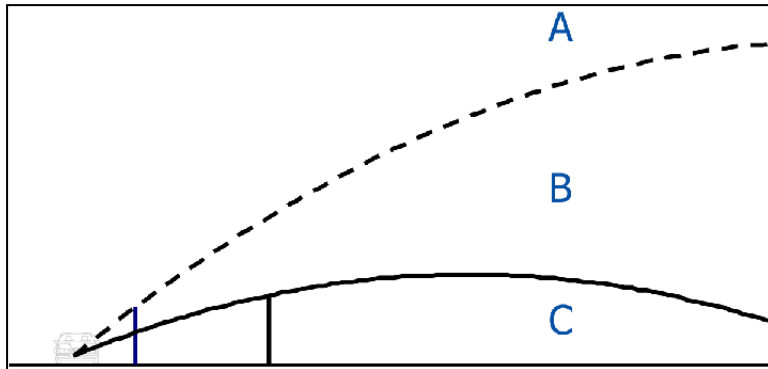
De correctieterm voor een middenbermscherm, C_{mbs} , wordt bepaald in twee stappen:

1. Er worden drie gebieden onderscheiden waarin het waarpneempunt zich kan bevinden;
2. Per gebied wordt aangegeven hoe de middenbermschermcorrectie moet worden bepaald.

De middenbermcorrectie voor een waarneempunt is gelijk aan de middenbermcorrectie zoals die wordt bepaald voor het gebied waarin het waarneempunt zich bevindt.

Stap 1: de te onderscheiden gebieden

Er wordt onderscheid gemaakt in drie gebieden zoals weergegeven in figuur 6.2. De lijnen zijn respectievelijk de lijn van het bronpunt over het dichtstbijzijnde afschermdende object gebogen volgens de straal met een kromming als aangegeven in paragraaf 2.10 en de gebogen lijn over het verst afgelegen afschermdende object met eenzelfde kromming.



Figuur 6.2 Indeling van de gebieden ter bepaling van effect middenbermscherm; gebied A: het gebied boven beide lijnen; gebied B: het gebied tussen de twee lijnen; gebied C: het gebied onder beide lijnen.

Het waarneempunt ligt boven de gekromde lijn door de top van het middenbermscherm als:

$$z_w > z_b + \frac{R}{R_{mbs}} \left[z_{mbs} - \frac{R_{mbs}(R - R_{mbs})}{26R} - z_b \right] \quad (6.1)$$

Het waarneempunt ligt boven de gekromde lijn door de top van het zijscherm als:

$$z_w > z_b + \frac{R}{R_{zs}} \left[z_{zs} - \frac{R_{zs}(R - R_{zs})}{26R} - z_b \right] \quad (6.2)$$

waarbij:

- z_w : de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil;
- z_b : de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil;
- z_{mbs} : de hoogte van het middenbermscherm ten opzichte van het referentiepeil;
- z_{zs} : de hoogte van het zijscherm ten opzichte van het referentiepeil;
- R_{mbs} : de horizontale afstand tussen bron en middenbermscherm;
- R_{zs} : de horizontale afstand tussen bron en zijbermscherm;
- R : de horizontale afstand tussen waarneempunt en bronpunt.

Binnen de gebieden B en C wordt C_{mbs} berekend op basis van de hoek ξ tussen de twee lijnen die gebied B begrenzen. Voor ontvangers binnen gebied B moet ook de hoek ψ tussen de gekromde lijn van de bron naar de ontvanger en de gekromde lijn van de bron door de top van het zijscherm worden bepaald, zie figuur 6.3.

Figuur 6.3 Illustratie van de hoeken ξ en ψ .

ξ : de hoek tussen de raaklijnen in het bronpunt aan de gekromde lijnen van de bron over het maatgevende diffractie punt van beide afschermdende objecten;

ψ : de hoek tussen de raaklijnen in het bronpunt aan de gekromde lijnen van de bron over het maatgevende diffractie punt van het zijbermscherm en de gekromde lijn tussen het bronpunt en het waarneempunt.

De hoeken ξ en ψ worden berekend volgens de formules:

$$\xi = \xi_{mbs} - \xi_{zs} \quad \xi = \xi_{mbs} - \xi_{zs} \quad (6.3)$$

$$\xi_{mbs} = \arctan \left\{ \frac{1}{R_{mbs}} \left[z_{mbs} - \frac{R_{mbs}(R - R_{mbs})}{R} - z_b \right] + \frac{1}{26} \right\} \frac{180}{\pi} \quad (6.4)$$

$$\xi_{zs} = \arctan \left\{ \frac{1}{R_{zs}} \left[z_{zs} - \frac{R_{zs}(R - R_{zs})}{R} - z_b \right] + \frac{1}{26} \right\} \frac{180}{\pi} \quad (6.5)$$

$$\varphi = \arctan \left\{ \frac{z_w - z_b}{R} + \frac{1}{26} \right\} \frac{180}{\pi} - \xi_{zs} \quad (6.6)$$

Stap 2: Berekening van C_{mbs}

De waarde van C_{mbs} wordt als volgt bepaald:

$C_{mbs} = C_{mbs(A)}$ als het waarneempunt zich in gebied A bevindt;

$C_{mbs} = C_{mbs(B)}$ als het waarneempunt zich in gebied B bevindt;

$C_{mbs} = C_{mbs(C)}$ als het waarneempunt zich in gebied C bevindt.

Bepaling $C_{mbs(A)}$

Voor waarneempunten in gebied A wordt $C_{mbs(A)}$ bepaald volgens de methode zoals beschreven in paragraaf 2.10 volgens de formule:

$$C_{mbs(A)} = H F(N_f) C_{mbs(A)} = H F(N_f) \quad (6.7)$$

waarbij:

H de effectiviteit van het scherm is,

$F(N_f)$ een functie met argument N_f (het fresnelgetal) is;

Bepaling $C_{mbs(C)}$

Voor waarneempunten in gebied C geldt een vaste waarde die wordt berekend aan de hand van hoek ξ (in graden) tussen de twee lijnen die gebied B begrenzen. Hoek ξ wordt ter plaatse van de bron bepaald. De correctie wordt gegeven door:

$$\text{als } \xi \leq 0: \quad C_{mbs(C)} = 5 + \frac{5\xi}{6} \quad \text{met } C_{mbs(C)} \geq 0 \quad (6.8)$$

$$\text{als } \xi > 0: \quad C_{mbs(C),i} = 5 + \frac{5\xi}{3} \left(\frac{i}{8} \right) \quad \text{met } C_{mbs(C),i} \leq 5 + 5 \left(\frac{i}{8} \right) \quad (6.9)$$

waarbij i de octaafbandindex is.

Bepaling $C_{mbs(B)}$

Voor waarneempunten in gebied B is de correctie afhankelijk van de ligging van het waarneempunt. Deze wordt uitgedrukt in de hoek ψ (in graden) tussen de gekromde lijn van de bron naar de ontvanger en de gekromde lijn van de bron naar het zijscherm. $C_{mbs(B)}$ wordt bepaald volgens de formules:

$$\text{als } 0 < \frac{\psi}{\xi} \leq \frac{1}{2}: \quad C_{mbs(B),i} = C_{mbs(C),i} + \left(\frac{2\psi}{\xi} \right) \left[5 + 2\xi \left(\frac{i}{8} \right) - C_{mbs(C),i} \right] \quad (6.10)$$

$$\text{als } \frac{1}{2} < \frac{\psi}{\xi} \leq 1: \quad C_{mbs(B),i} = 5 + 4\xi \left(1 - \frac{\psi}{\xi} \right) \left(\frac{i}{8} \right) \quad (6.11)$$

$$\text{met } C_{mbs(B),i} \leq 5 + 20 \left(\frac{i}{8} \right)$$

waarbij i de octaafbandindex is.

De correctie in gebied B wordt alleen toegepast als de lijn door de top van het middenbermscherm hoger ligt dan die door de top van het zijscherm. De hoek ξ heeft dan een positieve waarde. In situaties waarin de hoek ξ negatief is (bij een relatief laag middenbermscherm) worden waarneempunten binnen gebied B behandeld zoals in gebied C.

7 Reken- en meetvoorschrift diffractor

7.1 Definitie

In dit hoofdstuk wordt de rekenregel beschreven voor de bepaling van de correctieterm voor een diffractor als bedoeld in paragraaf 2.10 van deze bijlage. De in dit hoofdstuk beschreven rekenregel voor C_{diff} is alleen toepasbaar voor een diffractor die op maaiveldniveau is ingegraven. Deze is niet toepasbaar bij een diffractor op een afschermend object of grondlichaam. De rekenregel voor $C_{S,diff}$ is alleen bedoeld voor een diffractor die op een geluidscherm als schermtop is toegepast.

7.2 Rekenregel

Het effect van een diffractor die op maaiveldniveau is ingegraven wordt berekend volgens de formule:

$$C_{diff} = C_{i,diff,hard} \cdot \max\{0, (1 - 0,6 \cdot B_{voor} - 0,6 \cdot B_{na})\} \cdot \max\{\min[1 + 10 \cdot (N_f + 0,1), 1], 0\} \quad (7.1)$$

$$C_{diff} = C_{i,diff,hard} \cdot \max\{0, (1 - 0,6 \cdot B_{voor} - 0,6 \cdot B_{na})\} \cdot \max\{\min[1 + 10 \cdot (N_f + 0,1), 1], 0\}$$

waarbij wordt verstaan onder:

$C_{i,diff,hard}$: het diffractoreffect met een nabijgelegen volledig harde bodem voor octaafbandindex i ;

B_{voor} : de gemiddelde absorptiefractie tussen de diffractor en de bron met een maximum horizontale afstand van 10 m (vanaf de rand diffractor);

B_{na} : de gemiddelde absorptiefractie tussen de diffractor en de ontvanger met een maximum horizontale afstand van 10 m (vanaf de rand van de diffractor);

N_f : het fresnelgetal.

Het fresnelgetal N_f wordt bepaald volgens de methode beschreven in hoofdstuk 2.10. Hierbij geldt:

$$z_B = z'_B + \Delta h \quad z_B = z'_B + \Delta h \quad (7.2a)$$

$$z_T = z'_T + \Delta h \quad z_T = z'_T + \Delta h \quad (7.2b)$$

$$z_W = z'_W \quad z_W = z'_W \quad (7.2c)$$

waarbij wordt verstaan onder:

z'_B : de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil [m];

z'_T : de hoogte van het midden van de diffractor, vermeerderd met 65 cm, ten opzichte van het referentiepeil met een maximum waarde gelijk aan $z'_B - 10$ cm [m];

z'_W : de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil [m]; en

$$\Delta h = \max\{0, 2 \cdot \min[15, R - 5]/15\} \quad \text{voor } i \leq 5 \quad (7.3a)$$

$$\Delta h = \max\{0, 2 \cdot \min[15, R - 5]/15\} \quad \text{voor } i \leq 5$$

$$\Delta h = \max\{0, 2 \cdot \min[30, R - 5]/30\} \quad \text{voor } i \geq 6 \quad (7.3b)$$

$$\Delta h = \max\{0, 2 \cdot \min[30, R - 5]/30\} \quad \text{voor } i \geq 6$$

waarbij wordt verstaan onder:

R : de horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt [m].

In het geval van afscherming achter de diffractor, vanuit de bron gezien, wordt het fresnelgetal bepaald door de positie van de top van het maatgevende scherm als waarneempunt te beschouwen. In het geval van afscherming voor de diffractor wordt het fresnelgetal bepaald door de positie van de top van dit scherm als bronpositie te beschouwen.

$C_{i,diff,hard}$ ~~$C_{i,diff,hard}$~~ wordt berekend volgens de formules:

$$C_{i,diff,hard} = \max \left\{ 0, -0.7 \cdot \max \left[r_d - 1.7 - \frac{d_d}{2}, 0 \right] \cdot \cos(\min[|\theta|, 60]) + A_{i,diff} \right\} \quad \text{voor } A_{i,diff} > 0 \quad (7.4a)$$

$$C_{i,diff,hard} = \min \left\{ 0, +0.3 \cdot \max \left[r_d - 1.7 - \frac{d_d}{2}, 0 \right] \cdot \cos(\min[|\theta|, 60]) + A_{i,diff} \right\} \quad \text{voor } A_{i,diff} < 0 \quad (7.4b)$$

$$\begin{aligned} \cancel{C_{i,diff,hard}} &= 0 && \text{voor } i = 1, 7 \text{ en } 8 \\ C_{i,diff,hard} &= 0 && \text{voor } i = 1, 7 \text{ en } 8 \end{aligned} \quad (7.4c)$$

waarbij wordt verstaan onder:

~~$A_{i,diff}$~~ $A_{i,diff}$: de producteigenschap van de diffractor voor octaafbandindex i [dB];

~~d_d~~ d_d : de totale breedte van de diffractor [m];

~~r_d~~ r_d : de afstand van het rijlijnsegment tot het midden van de diffractor [m];

~~θ~~ θ : de hoek, beschouwd in het horizontale platte vlak, van de zichtlijn met de normaal van de diffractor [°].

7.3 Rekenregel $C_{s,diff}$

Bij het toepassen van de diffractor op een scherm wordt de hoogte van de top van de afscherming (z_T) bepaald door de hoogte van het scherm inclusief de extra hoogte van de diffractor.

Het diffractoreffect wordt berekend met de volgende formule:

$$C_{s,diff} = \begin{cases} 0,20 A_{i,s,diff} D_{scherm}(N_f) & \text{als } A_{i,s,diff} < 0 \\ 0,05 A_{i,s,diff} D_{scherm}(N_f) & \text{als } A_{i,s,diff} \geq 0 \end{cases} \quad (7.5)$$

en

$$\cancel{D_{scherm}(N_f)} = 10 \lg[\max(1; 20N_f + 3)] \quad D_{scherm}(N_f) = 10 \lg[\max(1; 20N_f + 3)] \quad (7.6)$$

Met:

$A_{i,s,diff}$: de producteigenschap van de diffractor voor octaafbandindex i bepaald volgens de meetmethode uit 7.5

N_f : het fresnelgetal

Het fresnelgetal N_f wordt bepaald volgens de methode beschreven in hoofdstuk 2.10. Hierbij geldt:

z_B : de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil.

z_T : de hoogte van het scherm inclusief diffractor, ter plaatste van het diffractiepunt, vermeerderd met 65 cm ten opzichte van het referentiepeil

z_W : de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil.

7.4 Meettechnische bepaling producteigenschappen van een diffractor

7.4.1 Algemeen

De producteigenschappen ~~$A_{i,diff}$~~ $A_{i,diff}$ worden volgens de regels in dit hoofdstuk bepaald.

Deze methode is geschikt voor het bepalen van akoestische eigenschappen van een diffractor onder de volgende voorwaarden:

De diffractor is bedoeld om langs een weg geplaatst te worden op dezelfde hoogte als de weg.

Metingen van de geluiddruk worden uitgevoerd met een afgedekte en onafgedekte diffractor.

Een geluidbron, zoals een luidspreker, wordt dicht bij de grond gebruikt.

Een akoestisch harde bodem is aanwezig tussen de geluidbron en de microfoonpositie.

De akoestische eigenschappen worden bepaald in 1/3 octaafbanden van 100 tot en met 2.500 Hz.

De omrekening naar octaafbanden vindt plaats door toepassing van het standaard geluidsspectrum voor wegverkeer zoals opgenomen is in NEN-EN 1793-3:1997.

7.4.2 Meetopstelling en omstandigheden

Eisen meetopstelling:

- Harde, vlakke bodem;
- Ingegraven diffractor;
- Geen reflecterende objecten in de omgeving;
- Minimale lengte diffractor van 30 m.
- Afdekplaten met voldoende massa om een akoestisch harde bodem te representeren (kunststof rijplaten).

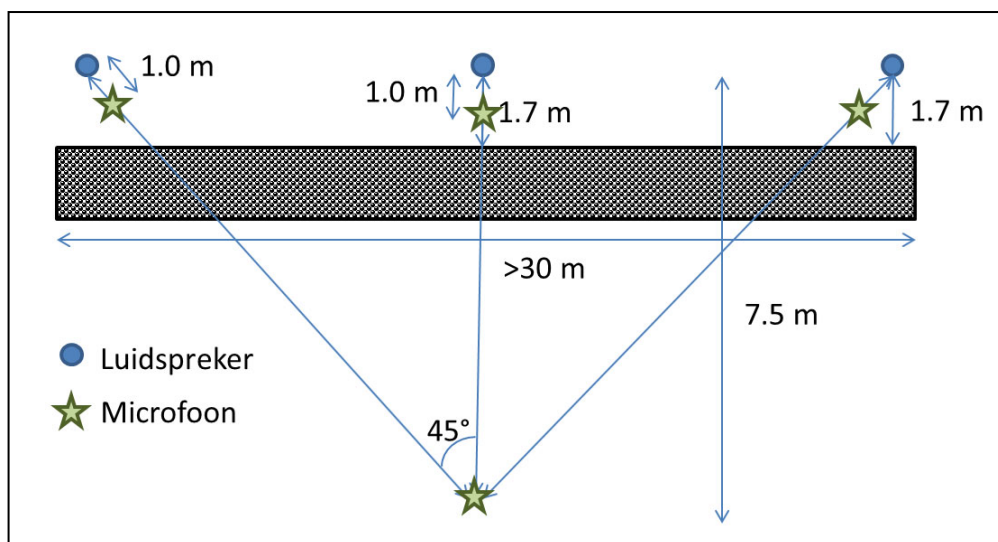
De metingen voldoen aan NEN-EN 1793-4:2015 op de volgende aspecten:

- Meetapparatuur;
- Testsignaal;
- Achtergrondgeluid;
- Wind;
- Temperatuur.

Metingen worden uitgevoerd met een luidspreker met een hoogte tussen 10 en 20 cm boven de bodem (het wegdek), op een afstand van 1,70 m tot de voorste rand van de diffractor. De microfoon bevindt zich op 1,20 m hoogte en op 7,5 m afstand van de luidspreker. Daarnaast wordt er gemeten met twee aanvullende luidsprekerposities. Deze metingen vinden plaats onder een hoek van +45° en -45°. De afstand tussen microfoon en luidspreker is hier $7.5 \cdot \sqrt{2} = 10,6$ m. Eventueel kan alleen onder een hoek van +45° of -45° gemeten worden waarbij het meetresultaat voor beide hoeken geldt. Dan reduceert de minimale lengte van de diffractor tot 22,5 m.

Een tweede (referentie) microfoon voor het bepalen van de bronsterkte wordt op 1 m van de luidspreker geplaatst.

De bron- en meetposities zijn weergegeven in figuur 7.1.



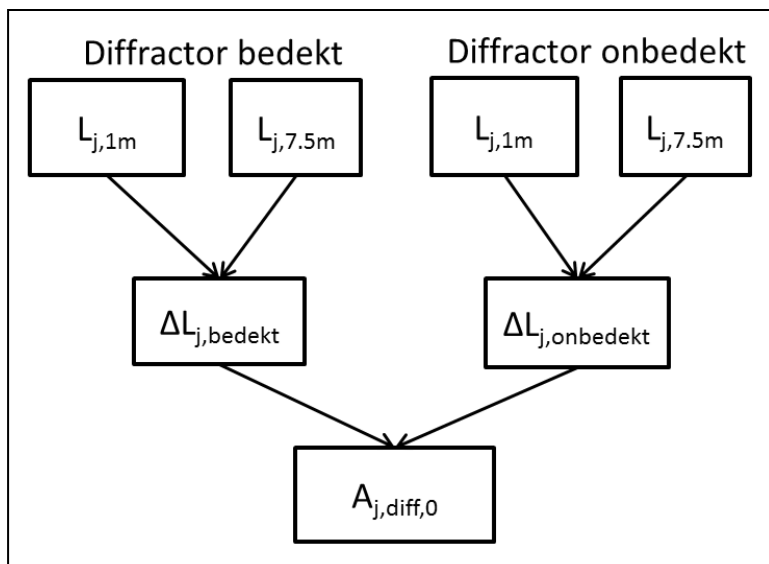
Figuur 7.1 Schematische voorstelling van de meetposities met hoeken θ van -45° , 0° en 45° .

7.4.3 Meetprocedure

Voor iedere meetpositie wordt een geluidsoverdrachtmeting uitgevoerd met zowel een afgedekte als onafgedekte diffractor. Voor het volledige frequentiebereik van 100 tot en met 2.500 Hz wordt, per 1/3 octaafband, het verschil in niveau op de referentiepositie (1 m van de luidspreker) en op de testmicrofoon bepaald.

Voorafgaand aan de metingen met afgedekte diffractor wordt, met dezelfde procedure, een meting op een vlakke volledig harde bodem uitgevoerd. De meetopstelling met afgedekte diffractor is geschikt voor gebruik als voor iedere 1/3 octaafband het verschil tussen de meting op harde bodem en die met de afgedekte diffractor kleiner is dan 2dB.

Deze meetprocedure is geïllustreerd in figuur 7.2



Figuur 7.2 Bepaling van het diffractoreffect per 1/3 octaafband $A_{j,diff,0}$ bij één hoek (hier 0°).

Per 1/3 octaafband j wordt ~~$A_{j,diff,0}$~~ $A_{j,diff,0}$ berekend volgens de formule:

$$\del{A_{j,diff,0}} = \del{\Delta L_{j,onbedekt} - \Delta L_{j,bedekt}} \quad A_{j,diff,0} = \Delta L_{j,onbedekt} - \Delta L_{j,bedekt} \quad (7.7)$$

waarbij:

$$\del{\Delta L_j = L_{j,7.5m} - L_{j,1m}} \quad \Delta L_j = L_{j,7.5m} - L_{j,1m} \quad (7.8)$$

De meetprocedure wordt herhaald voor -45° en $+45^\circ$ ⁵.

Vervolgens wordt per 1/3 octaafband het effect van de drie hoeken energetisch gemiddeld door

$$A_{j,diff} = -10 \lg \left(\frac{10^{\left(\frac{A_{j,diff,-45}}{10}\right)}}{3} + \frac{10^{\left(\frac{A_{j,diff,0}}{10}\right)}}{3} + \frac{10^{\left(\frac{A_{j,diff,45}}{10}\right)}}{3} \right) \quad (7.9)$$

Het effect per octaafband, ~~$A_{i,diff}$~~ $A_{i,diff}$, wordt berekend door de bijdrage van het diffractoreffect van de 3 1/3 octaafband waarden in het betrokken octaafband te wegen met het wegverkeerspectrum uit NEN=EN 1793-3:1997.

7.4.4 Akoestisch rapport

Van de metingen wordt een akoestisch rapport opgesteld. In dit rapport zijn ten minste de volgende gegevens opgenomen:

- Naam van het meetbureau;
- Datum en locatie testmetingen;

⁵ Het is toegestaan om, naast de meting onder 0° , alleen onder 45° of -45° te meten en het meetresultaat voor zowel -45° als $+45^\circ$ te gebruiken.

- Omschrijving resultaat controlemeting bij harde bodem en afgedekte diffractor;
- Omschrijving van de meetlocatie;
- Beschrijving van de gebruikte meetapparatuur;
- Foto's van de meetopstelling en geteste diffractor zowel bedekt als onbedekt;
- Omschrijving van de diffractor, waaronder type, afmetingen, waaronder de breedte, en fabrikant;
- Meteorologische omstandigheden;
- Resultaten van de metingen in 1/3 octaafbanden;
- Rapportage van ~~$A_{e, diff}$~~ $A_{i, diff}$ in 1/3 octaafbanden en in 1/1 octaafbanden.

7.5 Meettechnische bepaling producteigenschappen van een diffractor op scherm

7.5.1 Meetmethode

De producteigenschappen $A_i, S, diff$ worden bepaald door metingen uit te voeren volgens de norm NEN-EN 1793-4:2015. Dit betreft het uitvoeren van geluidoverdrachtmetingen aan een testopstelling met een 4 meter hoog geluidsscherf, met en zonder de diffractor.

Bij de meting met de diffractor op het scherm moet de geometrie van bron- en ontvangerposities worden opgehoogd met de extra hoogte van de diffractor. Deze extra hoogte moet expliciet worden opgenomen in de meetrapportage.

Het resultaat van de metingen is een zgn. diffractie index, die een maat is voor het extra effect van de scherf, ten opzichte van het basisscherf zonder top.

Ten opzichte van NEN-EN 1793-4:2015 worden de volgende afwijkingen toegepast:

- Metingen worden alleen uitgevoerd met een reflecterend scherm
- De uiteindelijke middeling van het diffractoreffect voor de verschillende meetposities wordt lineair in plaats van energetisch uitgevoerd.

Voor het middelen van de posities geldt het volgende. Eerst wordt voor iedere 1/3 octaafband (j) per hoek (h=0 of h=45 graden voor ieder van de meetposities (k=1 t/m 5) en bronhoogte (b=1 t/m 2) voor het scherm met diffractor (t=1) en scherm zonder diffractor (t=2) de diffractie index bepaald conform onderstaande formule.

$$DI_{j,k,b,h,t} = -10 \lg \left(\frac{\int_{\Delta f_j} |F[h_{dkbh}(t)w_{dkbh}(t)]|^2 df}{\int_{\Delta f_j} |F[h_{ikbh}(t)w_{ikbh}(t)]|^2 df} \right) \quad (7.10)$$

Vervolgens wordt per meetpunt k het verschil bepaald tussen $DI_{j,k}$ bepaald voor het scherm met diffractor en zonder diffractor volgens:

$$\cancel{DI_{j,k,b,h}} = \cancel{DI_{j,k,b,h,t=1}} - \cancel{DI_{j,k,b,h,t=2}} \quad DI_{j,k,b,h} = DI_{j,k,b,h,t=1} - DI_{j,k,b,h,t=2} \quad (7.11)$$

Vervolgens vindt lineaire middeling plaats over alle meetposities k (5), hoeken h (2), en bronhoogtes b (2) volgens:

$$DI_j = \frac{1}{20} \sum_{b=1}^2 \sum_{h=1}^2 \sum_{k=1}^5 DI_{j,k,b,h} \quad (7.12)$$

Het effect per octaafband, $A_{i,S,diff}$, wordt berekend door de bijdrage van het diffractoreffect van de 1/3 octaafband waarden in het betrokken octaafband te wegen met het wegveerspectrum uit NEN-EN 1793-3:1997.

7.5.2 Akoestisch rapport

Van de metingen wordt een akoestisch rapport opgesteld conform de vereisten in de meetnorm EN 1793-4. Aanvullend wordt de extra hoogte van bron- en ontvangerposities die is aangehouden bij de meting met de diffractor op het scherm vermeld.

8 Toelichting

8.1 Begrippen

In de definitie van maatgevende verkeersintensiteit worden de termen 'het voor de geluidbelasting bepalende jaar' en 'een representatief tijdvak' gebruikt. Het akoestisch onderzoek richt zich, voor wegen zonder geluidproductieplafond, op het maatgevende (dat wil zeggen het voor de geluidbelasting bepalende) jaar en (in dat jaar) op een periode die in akoestische zin, voor het gehele jaar representatief is. Voor zulk een periode (het representatieve tijdvak) wordt het zogenaamde langtijdig equivalente geluidniveau bepaald. Als de ene dag ten aanzien van verkeersintensiteiten en verkeerssamenstelling niet significant verschilt van een andere dag, dan hoeft het representatieve tijdvak niet langer dan een dag te zijn. Daar waar periodieke verschijnselen optreden met betrekking tot het verkeersbeeld, moeten langere tijdvakken worden beschouwd. De in het tijdvak van het voor de geluidbelasting bepalende jaar optredende variabele intensiteiten worden rekenkundig gemiddeld tot een representatieve verkeersintensiteit: de maatgevende verkeersintensiteit.

Voor wegen die op de met een geluidproductie, is het akoestisch onderzoek niet gericht op het maatgevende jaar, maar op het geldende geluidproductieplafond. Alle benodigde gegevens voor het opnemen van de bron in het akoestisch onderzoek zijn te vinden in een openbaar geluidregister. Bij gebruik van de geluidbrongegevens kan het nodig zijn om nadere detaillering in te voeren. Zo kan in de geluidbrongegevens er één lijn per rijbaan zijn gehanteerd terwijl dit voor de berekening op woningniveau moet worden opgesplitst in meerdere rijlijnen.

Als de representatief te achten snelheid kan in principe de maximale wettelijke snelheid worden aangehouden. Als echter wordt aangetoond dat deze wettelijke snelheid niet overeenkomt met de gemiddelde snelheid op het geluidemissietraject, dan kan hiervan gemotiveerd worden afgeweken.

In het tweede lid zijn categorieën motorvoertuigen onderscheiden. Gebleken is dat motorrijwielen niet meer dan een zo gering deel uitmaken van de totale verkeersstroom, dat ze doorgaans ook geen significante invloed hebben op het equivalente geluidniveau. Ze zijn daarom niet opgenomen in de in ogenschouw te nemen categorieën motorvoertuigen. Overigens wordt geen uitspraak gedaan over de hinderlijkheid van motorrijwielen. Door bepaald rijgedrag en de staat van onderhoud kunnen motorrijwielen soms als bijzonder hinderlijk worden ervaren.

De gegeven categorie-indeling is gekozen om visuele verkeerstellingen mogelijk te maken. Automatische telapparatuur is vaak gebaseerd op een afwijkende categorie-indeling (bv met als onderscheidend criterium de lengte van de voertuigen). De categorie-indeling van de automatische tellingen kan meestal niet een op een worden 'terugvertaald' naar de categorie-indeling van deze bijlage. De verschillen in het equivalente geluidniveau die hierdoor zullen optreden, zijn meestal gering, zodat het gebruik van de geautomatiseerde telcijfers geen bezwaar hoeft te ontmoeten. Er moet wel een verantwoording worden gegeven waaruit blijkt dat het verschil bij de gebruikte telmethode op het betrokken wegtype gering is (minder dan een halve decibel). Deze verantwoording hoeft niet voor ieder individueel akoestisch onderzoek te worden afgelegd. Volstaan kan worden met een verantwoording per telmethode, zo nodig uitgesplitst naar de verschillende verkeerssamenstellingen die kunnen voorkomen op de wegen waarop de automatische telling wordt uitgevoerd.

8.2 Standaardrekenmethode

8.2.1 Algemeen

De standaardrekenmethode kent een zeker toepassingsgebied. Omdat het onmogelijk is om in deze regeling een methode te geven die in alle mogelijke gevallen toepasbaar is, wordt per onderdeel van de rekenmethode aangegeven onder welke omstandigheden nader onderzoek op dat onderdeel noodzakelijk is.

8.2.2 De hoofdformule

De gegeven formules 2.1 en 2.2 zijn afgeleid uit de definitie van het equivalente geluidniveau L_{Aeq} die volgens NEN-ISO 1996-1:2016 luidt:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{p_{A(t)}}{p_0} \right)^2 dt \right] \quad (8.1)$$

waarin t_1 en t_2 respectievelijk de begin- en eindtijd zijn van een gespecificeerd tijdinterval in seconden, $p_A(t)$ de momentane A-gewogen geluidsdruk (in Pa) en p_0 de referentiegeluidsdruk van 20 μ Pa is.

De totale openingshoek van het waarneempunt kan twee waarden hebben, te weten:

- 180° als L_{Aeq} dient voor het berekenen van het geluid op een geluidgevoelig gebouw; of
- 360° in andere situaties.

8.2.3 Reflecties

Bij oneffenheden van het reflecterende oppervlak moet bij gevels worden gedacht aan balkons, galerijen, trappenhuisen en dergelijke. Als het bron- of waarneempunt zich op korte afstand hiervan bevindt, kan het verstrooiend effect van de oneffenheden leiden tot geluidniveaus die niet overeenkomen met de uitkomsten van deze rekenmethode. Een nader onderzoek, bijvoorbeeld praktijk- of schaalmodelmetingen, kan hierin uitkomst brengen. Als het waarneempunt zich op de gevel bevindt (dit is het geval wanneer de geluidbelasting van de gevel moet worden vastgesteld), is bovenstaande uiteraard niet van toepassing op het waarneempunt.

In sommige gevallen hebben gebruikte databestanden een hoge mate van detaillering. Hierdoor kan het zijn dat een object uit een groot aantal zeer kleine vlakjes bestaat, of dat meerdere aaneengesloten objecten een groter object vormen. In dit geval wordt er gekeken of het samenstel van objecten of vlakken groot genoeg is. Vervolgens wordt alleen gerekend met het vlak dat door de zichtlijn wordt doorsneden alsof dit vlak met al de bijbehorende eigenschappen de gehele sectorhoek doorsnijdt. In de praktijk kan voor de toets of een object groot genoeg is in een 2D vlak gekeken worden of meerdere objecten elkaar raken. Dan worden deze objecten als 1 object beschouwd en wordt gekeken of dit object de gehele sectorhoek doorsnijdt.

Bij reflecties in hellende objecten wordt de spiegelbron in het schuine scherm gespiegeld. Hierbij krijgt deze spiegelbron een andere hoogte. Dit heeft effect op de verdere overdracht. Voor het bepalen van de bodemdemping zou in feite het bodemverloop mee moeten worden gespiegeld. Het handhaven van de bronhoogte voor de bodemdemping heeft echter hetzelfde effect. De mate van reflectie wordt ook bepaald door de hoogte van het reflecterend oppervlak. Om dit te bepalen wordt de overlap van de Fresnelzone met het scherm berekend.

8.2.4 Het geluidgeluidemissiegetal L_E

De geluidemissiegetallen zijn gewijzigd ten opzichte van de geluidemissiegetallen in het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012. De emissies zijn bepaald op basis van emissiemetingen in 2020.

Er is een logaritmisch verband aangenomen tussen het bronvermogen en de snelheid, dat naar onderen extrapoleerbaar is tot 30 km/u en naar boven tot 110 km/u in geval van de middelzware en zware motorvoertuigen en tot 160 km/u in geval van lichte motorvoertuigen. Op het geluidemissiegetal wordt een correctie voor het wegdektype toegepast. In het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 werd voor de wegdekcorrectiefactoren van standaard wegdektypen en producten van producenten verwezen naar de website www.stillerverkeer.nl. In deze regeling wordt niet naar deze website verwezen, maar zijn de wegdekcorrecties opgenomen in deze bijlage. Dit zijn alleen wegdekcorrecties voor standaardwegdekken die ook als wegdektype beschouwd kunnen worden. Dit houdt in dat er bij berekeningen gebruik moet worden gemaakt van deze correcties. Op deze manier wordt bij de berekening van het geluid van een weg van min of meer stabiele waarden uitgegaan. Dit past beter bij het stelsel van geluidproductieplafonds als omgevingswaarden en de basisgeluidemissie. De correcties worden toegepast bij wegdektypen en niet bij wegdekproducten, omdat de gerapporteerde wegdekcorrecties bij wegdekproducten regelmatig kunnen wijzigen. Een dergelijke wijziging kan gevolgen hebben voor de monitoring van de geluidproductieplafonds als omgevingswaarden. Er zou een overschrijding of onderschrijding kunnen worden geconstateerd, alleen omdat de wegdekcorrecties zijn aangepast terwijl het wegdek zelf niet is gewijzigd. Een wegdekproduct, dat wil zeggen een producentenspecifiek product, zal, gebaseerd op metingen, in een van de wegdektypen ingedeeld worden op basis van de procedure in hoofdstuk 4.

8.2.5 De optrektoeslag ΔL_{OP}

Dat in de omgeving van kruispunten en andere punten waar sprake is van afremmen en optrekken een andere geluidbelasting wordt gevonden dan bij vrij doorstromend verkeer, is voornamelijk een gevolg van een toenemende geluidemissie bij het accelereren van de individuele voertuigen. Op grond hiervan zou dus eigenlijk sectorgewijs een optrektoeslag bij het geluidemissiegetal L_E (§ 2.4) moeten worden opgeteld. Een goed rekenmodel ter bepaling van deze optrektoeslag vereist echter zoveel – vaak niet voorhanden zijnde – invoergegevens, dat hier is gekozen voor een sterk geschematiseerd model.

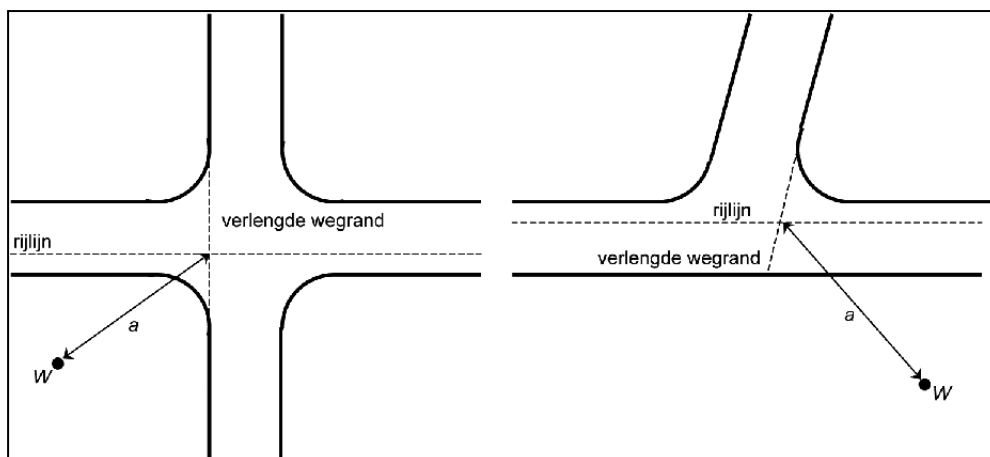
Door de in formule 2.2 gekozen rekenwijze te volgen moet in iedere sector en iedere octaafband een optrektoeslag in rekening worden gebracht. De correctie is afhankelijk van de voertuigcategorie.

De optrektoeslag ΔL_{OP} brengt het effect in rekening van afremmend en optrekkend verkeer nabij kruisingen van wegen en het effect van snelheidsbeperkende obstakels zoals minirotondes, verkeersdrempels en dergelijke. Het is niet bedoeld voor de modellering van verkeer in files of verkeersopstoppingen.

De met de gegeven formules te berekenen toeslagen geven de toeslag op het geluidniveau weer ten opzichte van een situatie waar het verkeer met een constante snelheid van 50 km/u rijdt. Voor wegen met een rijsnelheid van 30 km/u geldt geen optrektoeslag. Bij die wegen is het optrekken zeer beperkt tot de lage snelheid. Ook zal er meestal geen sprake zijn van een significante afname van rijsnelheid door obstakels.

8.2.6 De kruispunttoeslag $\Delta L_{\text{kruispunt}}$

In figuur 6.2 wordt aan de hand van een voorbeeld toegelicht hoe de afstand a wordt bepaald in het geval van een kruispunt. Bij de berekening zijn alleen de afstand a van het waarneempunt tot de rand van het kruispunt en het type kruispunt van belang.



Figuur 6.2 Twee voorbeelden van de bepaling van de afstand a . In de punten W wordt het L_{Aeq} vanwege de geschetste rijlijnen berekend.

8.2.7 De bodemdemping ΔL_B

Het absorberende effect van geluidabsorberende wegdektypen op de overdracht wordt in de berekeningen meegenomen. Dit is relevant voor brede wegverhardingen, zoals meerstrooks auto(snel) wegen. Omdat de methode voor bepaling van de wegdekcorrectie (ook) rekening houdt met de absorberende eigenschappen van het wegdek, wordt het weggedeelte onder de rijlijn als akoestisch hard gemodelleerd.

Voor de bepaling van de absorptie in het brongebied wordt een vaste strook hard bodemgebied onder de rijlijn gedefinieerd, waardoor het eerste deel van de geluidsoverdracht altijd over een reflecterende bodem plaatsvindt. De lengte van dit gedeelte is voor elke sector verschillend. De lengte X is proportioneel gemaakt ten opzichte van lengte Y , via de formulering $X/\sin(\theta)$.

De gekozen aanpak (met een vaste afstand van 5 m loodrecht op de rijlijn met akoestisch harde bodem) wordt alleen gebruikt als er onder een bronpunt een significant absorberend wegdektype aanwezig is (ZOAB, (Fijn) tweelaags ZOAB). Voor de overige situaties wijzigt de methode voor het bepalen van de gemiddelde absorptiefractie niet. Het vlak onder het bronpunt (dat gemodelleerd is op basis van de werkelijke grenzen van het wegdek) heeft een absorptiefractie van 0.

8.2.8 De schermwerking ΔL_{sw}

In paragraaf 2.10 is de mogelijkheid opgenomen om rekening te houden met het (positieve) effect van een zogenaamde schermtop op de schermwerking. Dit effect is met een aparte term in de formule voor de bepaling van de schermwerking beschreven. Omdat er strikt genomen overlap bestaat tussen deze correctieterm (C_T) en de profielafhankelijke correctieterm (C_P) wordt in tabel 2.9 bepaald dat de laatste term 0 is als gebruikt wordt gemaakt van de correctie voor een schermtop.

De rekenregel om de waarde van deze correctieterm te kunnen bepalen is opgenomen in hoofdstuk 5 van deze bijlage. Deze rekenregel is toepasbaar voor alle gangbare schermtypen, waarbij in het geval van reflecterende schermen wordt gewerkt met een spiegelbron.

Van tabel 2.9 afwijkende profielen zijn onder andere overhuivingen, gehele of gedeeltelijke overkappingen, wegen in ingravingen met een tophoek tussen de 165° en 180° .

Wanneer een weg aan beide zijden wordt voorzien van een (hoog) reflecterend geluidscherm, ontstaat door reflectie en interferentie in de ingesloten ruimte een zeer complex geluidsveld, waardoor de met het afschermingsmodel berekende geluidsniveaus vooral op waarneempunten gelegen in de buurt van de zichtlijnen van het scherm, niet altijd voldoende betrouwbaar kunnen

zijn. Dit geldt ook voor specifieke schermconstructies, zoals luifels en overkappingen. Als de situatie daartoe aanleiding geeft, kan met meerdere reflecties gerekend worden. In dergelijke gevallen kan nader onderzoek met meer geavanceerde modellen nodig zijn.

8.2.9 De niveaureductie bij reflecties

Bij reflectie op een scherm wordt gekeken naar de overlap van de Fresnel zone op de scherm. Dit geeft een maat van het percentage geluid dat wordt gereflecteerd. Hiermee heeft het formaat van een scherm ook invloed op de mate van reflectie. Daarnaast hebben de schermeigenschappen gevolgen voor de mate van reflectie. Er wordt alleen gekeken in het 2D vlak bij de zichtlijn voor het bepalen van de overlap.

Bij reflectie op een geluidabsorberend scherm kan de frequentieafhankelijke absorptieterm α (in paragraaf 2.11) worden afgeleid uit een door de fabrikant van de constructie te verstrekken absorptiespectrum. De bepaling van een dergelijk absorptiespectrum moet hebben plaatsgevonden in een onafhankelijk, gespecialiseerd laboratorium en volgens een aangegeven verifieerbare methode.

8.2.10 De meteocorrectieterm

Ten opzichte van het Reken en meetvoorschrift geluid 2012 is de wijze waarop rekening wordt gehouden met de meteocorrectieterm gewijzigd. In het verleden werd geen rekening gehouden met de richting van het geluid. In navolging van de Europese methode Cnossos-EU is gekeken naar het effect van verschillende richtingen in een windroos bij de voortplanting van geluid. Hierop is de maximale waarde van de meteocorrectieterm aangepast. Deze is nu afhankelijk van de richting en van de etmaalperiode. Uit onderzoek is gebleken dat er, jaargemiddeld, geen significant verschil is tussen de avond- en nachtperiode. Ook blijkt de locatie in Nederland geen invloed te hebben op de mate van gunstige overdracht per richting. Hierdoor kan voor heel Nederland worden volstaan met de in paragraaf 2.9 genoemde formules.

8.3 Standaardmeetmethode

Bij het uitvoeren van metingen volgens de standaardmeetmethode moet er inzicht zijn in de rol en het doel van de metingen. Als het om toetsing aan normen gaat, binnen het kader van deze bijlage, dan kunnen metingen een rol hebben als rekenmodellen tekortschieten. Deze schieten tekort als ze gebruikt worden buiten het toepassingsgebied waar ze voor bedoeld zijn. In sommige gevallen is er een klein deel van de berekening die buiten het toepassingsgebied valt. In dat geval kan voor die deelbijdrage worden gedacht aan metingen.

Een exacte beschrijving van het toepassingsgebied van de rekenmethode is niet gegeven. Buiten het toepassingsgebied vallen bijvoorbeeld de gevallen waarvan is aangegeven dat nader onderzoek noodzakelijk is en situaties waarin de standaardrekenmethode niet voorziet.

Het kan ook voorkomen dat er gebruik wordt gemaakt van een specialistische rekenmethode, als een specifieke situatie buiten het toepassingsgebied valt van de meet- en rekenmethode. Een dergelijke methode is niet voor te schrijven, omdat deze afhankelijk is van de situatie.

Het meten van een L_{den} volgens de ISO-norm (NEN-ISO 1996-2:2017) is in het algemeen complex, omdat over een groot aantal variabelen moet worden nagedacht bij het plannen en uitvoeren van de metingen. De uitwerking van de metingen is erop gericht inzicht te geven in de representativiteit en betrouwbaarheid van de L_{den} -waarde. Vooral bij langdurige onbemande metingen is een systematische en zorgvuldige analyse van de meetonzekerheid van belang, omdat de resultaten door tal van factoren onbedoeld kunnen worden beïnvloed. Toch is langdurig meten vaak juist nodig om een resultaat te verkrijgen dat een representatief beeld geeft.

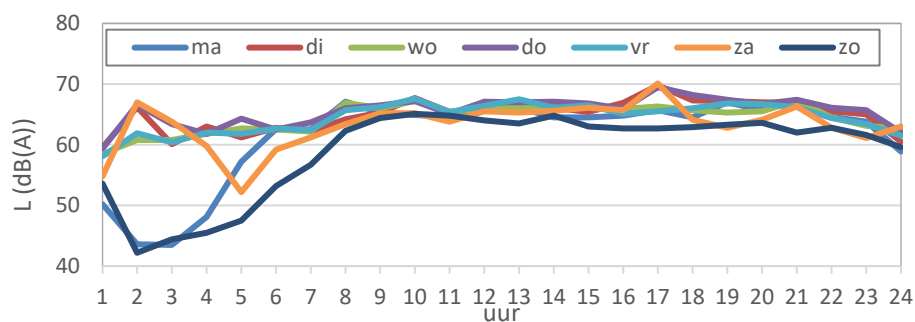
De eenvoudige meetmethode kan onder zekere voorwaarden worden gebruikt om met onbemande langdurige metingen een indicatie te verkrijgen van L_{den} . De meteorologische criteria onder punt D van de eenvoudige methode worden gebruikt om een representatief jaargemiddelde te bepalen zonder dat correcties nodig zijn voor afwijkingen in de overdracht en de emissie. In het algemeen geldt met deze criteria, die zijn gebaseerd op een minimale meetperiode van twee maanden, dat metingen in enkel de wintermaanden of enkel de zomermaanden niet voldoen. Als aan een van deze criteria niet wordt voldaan, moet langer worden gemeten. Bij het besluit om wel of niet langer door te meten kan gebruik worden gemaakt van KNMI-data die daags na elke meetdag beschikbaar komen (toetsing aan de meteorologische criteria). Opmerking: KNMI-uurgegevens zijn opgegeven in Universal Time. Deze moeten worden omgezet naar de tijdrekening van het geluidmeetstation.

De verwerking van meetresultaten kan deels worden geautomatiseerd met spreadsheets met draaitabellen, of met scripts. Om de verwerking in goede banen te leiden, vooral de bepaling van de meetonzekerheid, moet de in het voorschrift aangegeven volgorde worden gevolgd. Hoewel het daarbij gaat om een vereenvoudigde aanpak ten opzichte van de ISO-norm, kan men bij grote aantallen meetgegevens gemakkelijk het spoor bijster raken. Als leidraad voor de verwerking worden in onderstaande paragraaf voorbeelden geven.

8.3.1 Leidraad verwerking metingen eenvoudige methode

Voor de verwerking van de ruwe meetwaarden, dat wil zeggen de L_{eq} per seconde of L_E per event, kunnen de volgende stappen worden gehanteerd:

1. Verwijder L_{eq} -waarden en L_E -waarden met kortdurende verstoringen, dit wil zeggen stoorgeluid dat enkele seconden tot enkele minuten aanhoudt.
2. Bepaal uurgemiddelde waarden L' en L_{res} . Maak daartoe een lange tabel met uurwaarden L' en L_{res} , voor de gehele meetperiode. Dus één regel per uur, 24 regels voor elke meetdag.
3. Markeer de uren met achtereenvolgens *overmatig residueel geluid* (het gaat dan om residueel geluid dat min of meer continu aanwezig is, want kortdurend stoorgeluid is al verwijderd), met *regen*, met *harde wind*, of met *niet-representatieve geluidoverdracht*. Van elk van deze vier oorzaken van verstoringen wordt het percentage uren ten opzichte van het geheel gerapporteerd. Als een uur door meerdere oorzaken is verstoord, telt het uur mee bij de eerste daarvan uit dit rijtje. Bijvoorbeeld wanneer een uur wordt verstoord door zowel harde wind als regen, telt dit mee bij *regen*.
4. Vul de lange tabel aan met een kolom voor de waarde L die wordt berekend met formule 3.1.
5. Om inzicht te geven in het verloop van het geluid over het etmaal, wordt een grafiek gemaakt van L per uur van het etmaal, waarbij energetisch wordt gemiddeld over de gehele meetperiode. Zie het onderstaande voorbeeld. Deze grafiek is een tussenresultaat: ze wordt in de rapportage opgenomen maar niet verder gebruikt in de stappen hierna. Opvallende zaken in het verloop per weekdag worden becommentarieerd in de rapportage.



6. Vul de lange tabel uit stap 4 aan met een kolom voor de meteorostratificatie. Bepaal voor elk uur de meteoklasse M1 tot en met M4 op basis van de windsnelheid en -richting.

7. Maak hulptabellen per etmaalperiode met op elke regel een meetdag, zie onderstaande voorbeeldtabel. De getoonde waarden voor elke meetdag zijn $L_{p=\text{dag},m,k}$ en $q_{p=\text{dag},m,k}$. De totalen $L_{p=\text{dag},m}$ worden berekend met formule 3.3.

Tabel 8.3.1a Hulptabel dagperiode

	Dag (7-19 uur)							
Meetdag k	L_{M1}	q_{M1}	L_{M2}	q_{M2}	L_{M3}	q_{M3}	L_{M4}	q_{M4}
8-jun			72,5	0,09	65,8	0,91		
9-jun	65,5	1,00						
10-jun	63,3	0,17	66,1	0,67	67,8	0,17		
11-jun	61,0	0,17	63,8	0,50	66,8	0,33		
12-jun	65,4	0,92	68,1	0,08				
13-jun	66,6	1,00						
14-jun	66,4	0,58	65,5	0,42				
15-jun	68,6	0,42	63,0	0,33	67,9	0,25		
16-jun	66,5	1,00						
17-jun	67,6	0,75	63,2	0,25				
18-jun	65,5	0,83	64,8	0,17				
19-jun	65,1	0,42	66,2	0,58				
20-jun	68,6	1,00						
$Q_{p=\text{dag},m}$		8,25		3,09		1,66		
$L_{p=\text{dag},m}$	66,6		65,8		66,6			
$U_{p=\text{dag},m}$	1,22		2,29		0,85			

8. Maak een meetonzekerheidsberekening per etmaalperiode. Zie onderstaand voorbeeld. De ISO-norm noemt dit het 'meetonzekerheidsbudget'. In het voorbeeld is de meewindrichting 140° (van het zuidoosten naar het noordwesten).

Tabel 8.3.1b Meetonzekerheidsbudget dagperiode

	Herkomst	M1	M2	M3	M4	Resultaat
f_{optreed} bij 140°	Uit tabel 3.3	0,6	0,2	0,1	0,1	
$L_{p=\text{dag},m}$	Overnemen uit hulptabel dagperiode	66,6	65,8	66,6		
$U_{p=\text{dag},m}$		1,22	2,29	0,85		
$L_{p=\text{dag}}$	Formule 3.6					66,0
$C_{p=\text{dag},m}$	Formule 3.8	0,69	0,19	0,12		
$\sqrt{(U_{\text{wind}}^2 + U_{\text{nat}}^2 + U_{\text{meteo}}^2 + U_{\text{res}}^2 + U_{\text{slm}}^2)}$						1,7
$U_{p=\text{dag}}$	Formule 3.7					2,0

9. Bepaal de L_{den} en de bijbehorende meetonzekerheid. Zie het voorbeeld hieronder.

Tabel 8.1.3c Meetonzekerheid

		$p=\text{dag}$	$p=\text{avond}$	$p=\text{nacht}$	Resultaat
L_p	Neem over uit tabellen meetonzekerheidsbudget	66,0	62,1	62,9	
U_p		2,0	2,6	2,3	

L_{den}	Formule 3.9				69,7
U_{den}	Formule 3.10				1,7

10. Geef het eindresultaat als volgt op: $L_{den} = 69,7 \pm 3,4$ dB (95% BI).

Bij een vergelijking van een berekende L_{den} met de gemeten L_{den} wordt altijd dit betrouwbaarheidsinterval betrokken. Daarnaast worden, voor zover mogelijk, de uitgangspunten van de rekenmethode betrokken die kunnen leiden tot verschillen tussen rekenen en meten. Dat laatste is nodig omdat van de berekende waarde geen betrouwbaarheidsinterval bekend is.

8.3.2 Metingen in afwijkende situaties

In situaties die afwijken van de voorwaarden voor de eenvoudige methode uit paragraaf 3.1, is het soms mogelijk om met enkele controles of aanpassingen toch de aanpak van de eenvoudige methode te volgen. Bij rapportage-items 8 en 12 moet daarop worden ingegaan. Het gaat dan bijvoorbeeld om metingen op korte afstand voor een reflecterende gevel. Annex B van de ISO-norm geeft aan op welke wijze zulke metingen worden gecorrigeerd en welke aanvullende meetonzekerheid daarvoor geldt. Een ander voorbeeld betreft situaties waarin de meetafstand D (veel) groter is dan $20 (h_s + h_r)$. In dat geval kan de eenvoudige meteostratificatie van tabel 3.2 en tabel 3.3 niet worden gebruikt. Annex A van de ISO-norm geeft aan hoe de meteostratificatie dan moet gebeuren en annex F.1 laat zien welke onzekerheid daarmee gepaard gaat.

In situaties die geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode vallen, wordt de ISO-norm onverkort gevolgd, zij het dat daarbij enkele specifieke uitgangspunten gelden voor de Nederlandse situatie. In paragraaf 3.3 zijn deze uitgangspunten vermeld.

8.4. Methode bepaling wegdekcorrectie

De wegdekcorrectie is de in dB(A) of in dB(A) per octaafband uitgedrukte toename van de geluidemissie ten opzichte van het referentiewegdek (zoals dicht asfaltbeton en SMA 0/11). In dit geactualiseerde voorschrift is de methode voor de bepaling van de wegdekcorrectie gewijzigd ten opzichte van het Reken en meetvoorschrift geluid 2012. De achtergrond daarvoor is het inzicht dat het gebruik van een verouderingsterm (C_{tijd}) van een standaard wegdektype voor een specifiek wegdekproduct tot een overschatting van de geluidreductie van stille wegdekken kan leiden. Door uit te gaan van eenzelfde eindreductie als een standaard wegdektype wordt dit hersteld. Het is altijd mogelijk om voor een specifiek wegdekproduct een eigen verouderingsterm vast te stellen. Met de aanpassing van de verouderingscorrectie (C_{tijd}) kunnen de effecten van wegdektypen op het equivalente geluidniveau nauwkeurig bij de berekeningen worden meegenomen. De in dit voorschrift beschreven wegdekcorrectie kan worden gezien als de beste schatting van de gemiddelde geluideigenschappen van een wegdektype gedurende de gehele gebruiksperiode. Daarnaast is in de methode het effect van recente emissiemetingen op de referentie verwerkt, waardoor zowel de emissie als de wegdekcorrectie is gebaseerd op de resultaten van dezelfde meetcampagne.

In de methode is nu expliciet vastgelegd dat bij vaststellen van een nieuwe referentiewaarde van het referentiewegdek de C_{wegdek} opnieuw moet worden vastgesteld op basis van relatief recente metingen. De aanleiding is dat als de emissie van voertuigen verandert de werkelijke geluidreductie van wegdekken ook kan veranderen.

Hoofdstuk 4 beschrijft de methode om de wegdekcorrectie te bepalen. Hiermee kan worden aangetoond dat een bepaald wegdekproduct binnen een wegdektype valt. Het gaat hier niet alleen om de geluidreducerende werking, maar ook om de globale civieltechnische eigenschappen. Zo zal een elementenverharding niet in een asfaltverharding-categorie passen. Omdat de civieltechnische eigenschappen globaal overeen moeten komen met het wegdektype is het uitgangspunt dat de spectrale geluidreductie ook globaal overeenkomt. Daarom is het voldoende het wegdek te

beoordelen op de eengetalswaarde van de wegdekcorrectie. In veel gevallen is alleen een wegdekcorrectie voor lichte motorvoertuigen bekend. In dat geval moet de geluidreductie ten minste even groot zijn als die van het wegdektype. Als er zowel voor lichte als zware motorvoertuigen een wegdekcorrectie bekend is, is de toetsing minder strikt. In dat geval is er 0,5 dB marge. Als een wegdekproduct wel civieltechnische overeenkomsten toont met een van de standaardwegdektypen, maar niet voldoet aan de geluideis, moet het wegdekproduct bij een ander wegdektype ingedeeld worden. Hierbij wordt gekeken naar een zo goed mogelijke civieltechnische overeenkomst. Daarbij kan worden gedacht aan gradering, oppervlaktetextuur en percentage holle ruimte.

Als door nieuwe ontwikkelingen blijkt dat er aanvullende wegdektypen nodig zijn, kan dit blijken uit de verschillende rapportages met gemeten wegdekcorrecties. Uitgangspunt is wel dat voor een nieuw wegdektype de eigenschappen zowel voor lichte als (middel)zware motorvoertuigen is bepaald. Aan de hand van rapportages over de productspecifieke wegdekcorrecties kan het product worden ingedeeld in een wegdektype.

8.5 Rekenregel middenbermscherm

Algemeen

Met de methode uit hoofdstuk 2 van deze bijlage is altijd het effect van een scherm te bepalen. Als er meerdere diffractieranden zijn, zal het effect van de meest bepalend diffractierand in rekening worden gebracht. Het effect van een dubbele diffractie wordt op deze manier niet verdisconteerd. Met behulp van methoden uit HARMONOISE zijn de effecten van dubbele diffractieranden bepaald en vervolgens geverifieerd met BEM-PE rekenmodellen. De uitkomsten bleken goed overeen te komen.

Omdat het effect niet zondermeer toepasbaar is in de Meakawa-formules is gekozen om het effect van een middenbermscherm op de volgende wijze in rekening te brengen. Per rijlijn wordt het effect bepaald van het scherm in de zijberm of een ander afschermend object naast de weg. Voor de rijlijnen die tussen een geluidscherm in de middenberm en het afschermende object naast de weg zijn gesitueerd, wordt ook de reflectie tegen het middenbermscherm in rekening gebracht. Voor de rijlijnen die, gezien vanuit het afschermende object naast de weg, achter het middenbermscherm liggen wordt een octaafbandafhankelijke correctie toegepast C_{mbs} op de schermwerking van het object naast de weg.

C_{mbs} wordt voor iedere bron, per sector en per octaafband bepaald. De toetsing of een afschermend object in de middenberm voldoet aan de voorwaarden zoals in hoofdstuk 6 wordt beschreven, wordt ook per bron-waarneempunt-pad uitgevoerd.

Onderscheiden gebieden

Er wordt een drietal gebieden onderscheiden. De schermwerking van het middenbermscherm in gebied A wordt met de bestaande formules van hoofdstuk 2 berekend, met uitzondering van de correctie voor een schermtop en de profielafhankelijke correctie. Voor gebied B is de schermwerking afhankelijk van de hoek tussen de lijnen over beide schermen en de situatie van de lijn van bron naar waarnemer. Voor gebied C geldt een constante waarde die ook afhankelijk is van de van de hoek tussen de lijnen over beide schermen.

8.6 Rekenregel diffractor

Een diffractor is een nieuw type overdrachtsmaatregel dat op een andere manier werkt dan een geluidscherm. Er zijn twee type diffractoren opgenomen in het rekenvoorschrift. Een type diffractor bedoeld om direct langs een weg ingegraven te worden in het maaiveld, waarbij de diffractor niet

boven de weg uitsteekt, en een ander type diffractor wordt toegepast als schermtop boven op een geluidscherm.

8.6.1 Ingegraven diffractor langs een weg.

Op basis van metingen en numerieke berekeningen (FEM-PE) is het effect van de diffractor op korte en grote afstand bepaald. Aan de hand van deze resultaten is een rekenregel opgesteld die geschikt is binnen het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode.

Op basis van de schermwerkingsformules uit hoofdstuk 2 wordt een schaduwzone berekend waarbinnen de diffractor effect heeft. Daarbij kan een ingegraven diffractor een aanvullend effect geven ten opzichte van alleen een scherm mits de top van het maatgevend scherm zich in de schaduwzone bevindt. Ten opzichte van de eerste implementatie is de methode iets gewijzigd. Het gebied waar het diffractor effect heeft is iets groter geworden. De schaduwzone is nu met niet meer dan 2 m opgehoogd. De aanleiding is dat op relatief korte afstand (ca 20 m uit de bron) de schaduwzone erg laag was. Om meer overeenstemming te krijgen met metingen is het effect hier opgehoogd. Voor 1.000 Hz en lager is de schaduwzone lineair met 2 m opgehoogd tussen de 5 en 20 m uit de bron. Voor 2.000 Hz en hoger gaat dat geleidelijk tussen de 5 en 35 m uit de bron.

Het totale effect van de diffractor is afhankelijk van de afstand van het bronpunt tot de diffractor en van de absorptiefraction van de bodem vlak voor en na de diffractor. Het diffractoreffect wordt voor iedere bron, per sector en per octaafband bepaald.

De rekenregel voorziet in een methode om de akoestische eigenschappen van de diffractor vast te stellen met geluidoverdrachtmetingen. Deze ingemeten eigenschappen worden gebruikt in de formules van de rekenregel. De meetmethode maakt gebruik van een kunstmatige bron waarbij een vergelijking wordt gemaakt tussen een afgedekte diffractor om een harde bodem te simuleren en een niet afgedekte diffractor. Om te controleren of de afdekking geschikt is en of er geen andere neveneffecten worden gemeten wordt eerst de meetopstelling van de afgedekte diffractor vergeleken met een volledig harde, vlakke bodem. Uiteindelijk wordt per 1/3 octaafband een diffractoreffect gemeten. Omdat het rekenvoorschrift uitgaat van emissie en overdracht in octaafbanden worden deze 1/3 octaafband waarden omgerekend naar hele octaafbanden. Hierbij wordt rekening gehouden met het standaard geluidsspectrum voor wegverkeer uit NEN-EN 1793-3.

8.6.2 Diffractor op een geluidscherm.

Op basis van metingen en numerieke berekeningen (FEM-PE) is het effect van de diffractor op korte en grote afstand bepaald. Aan de hand van deze resultaten is een rekenregel opgesteld die geschikt is binnen het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode.

Uit de FEM-PE sommen bleek een relatie te liggen tussen het extra effect van de diffractor en het Fresnelgetal (N_f). De relatie is onderzocht voor verschillende typen diffractoren, die op verschillende frequenties waren afgesteld. Deze relatie bleek nauwelijks af te hangen van de octaafband: wel was er een verschil al naar gelang er een versterking optreedt vanwege de diffractor of een verzwakking.

Voor wegverkeer is in de FEM-PE berekeningen uitgegaan van een bronhoogte van 10 cm. Dit is in de rekenregel verwerkt door bij de bepaling van het Fresnelgetal (alleen voor het diffractoreffect en niet voor de schermwerking zelf) de hoogte van het diffractiepunt op te hogen met 65 cm. Met deze ophoging wordt een goede overeenstemming bereikt met metingen vlak achter een scherm en met de resultaten uit FEM-PE op grotere afstand.

Bij het toepassen van een diffractoreffect op een scherm wordt geen profielcorrectieterm of effect T-top in rekening gebracht. Het toepassingsbereik van de methode bij een diffractor op scherm beperkt zich tot schermen waarvan de profielcorrectie CP gelijk is aan 0 in de situatie dat op dat object de diffractor zelf niet zou zijn toegepast.

Naast een rekenregel is tevens een meetmethode voor het bepalen van het diffractoreffect vastgelegd. Als basis voor deze meetmethode wordt NEN-EN 1793-4 gebruikt. Er is wel gebleken dat

er ten opzichte van deze methode een kleine aanpassing noodzakelijk was. De norm gaat uit van een energetische middeling van het diffractoreffect van alle meetposities. Het blijkt dat de bovenste meetposities ertoe leiden dat er een relatief klein diffractoreffect wordt gemeten waardoor de relatie met het Fresnelgetal niet goed te leggen is. Met een lineaire middeling over de meetpunten is er wel een goede relatie.

8.7 Lijst van symbolen

Symbool	Eenheid	Omschrijving	paragraaf
α	–	Geluidabsorptiecoëfficiënt van het object in de octaafband	2.11
α	dB(A)	Emissiekental	2.4
β	dB(A)	Emissiekental	2.4
ζ	Graden	De hoek van de voortplantingsrichting van het geluid tov een windroos (0° is van Noord naar zuid, 90° is oost naar west, etcetera)	2.9
δ_{lucht}	dB/m	De luchtdempingscoëfficiënt	2.7
δ_{refl}	dB(A)	De niveaureductie ten gevolge van één reflectie	2.11
ε	m	Akoestische omweg	2.10
σ_m	dB(A)	Verschil bij referentiesnelheid v_0	4.5
$\sigma_{m,i}$	dB(A)	Verschil voor een octaafband bij de referentiesnelheid v_0	2.4; 4.5
ϕ	°	De openingshoek van de sector	2.6
ϕ	°	De gemiddelde hoek tussen de gemiddelde windrichting tijdens de meting en de kortste verbindinglijn tussen het waarneempunt en de weg	3.3
θ	°	De hoek die het sectorvlak maakt met het rijlijnsegment	2.6
θ	°	De hoek, beschouwd in het horizontale platte vlak, van de zichtlijn met de normaal van de diffractor	7.2
γ	–	Functies die worden gebruikt om de bodemdemping te berekenen	2.8
a	m	De afstand van het waarneempunt tot het midden van het obstakel	2.5

~~$A_{t,atff}$~~ $A_{i,diff}$	dB	De producteigenschap van de ingegraven diffractor voor octaafbandindex i	7.2
~~$A_{t,satff}$~~ ~~$A_{i,diff}$~~	dB	De producteigenschap van de diffractor op een geluidsschermbandindex i	7.3
B_b	–	De absorptiefractie van het brongebied	2.8
B_m	–	De absorptiefractie van het middengebied	2.8
B_w	–	De absorptiefractie van het waarneembied	2.8
~~B_{na}~~ B_{na}	–	De gemiddelde absorptiefractie tussen de diffractor en de ontvanger met een maximum horizontale afstand van 10 m (vanaf de rand van de diffractor)	7.2
~~B_{voor}~~ B_{voor}	–	De gemiddelde absorptiefractie tussen de diffractor en de bron met een maximum horizontale afstand van 10 m (vanaf de rand diffractor)	7.2
b_m	dB(A)	Snelheidsindex per decade snelheidstoename	2.4; 5.1
C_H	dB(A)	De hellingscorrectie	2.4
C_M	dB(A)	De meteocorrectieterm	2.9
C_d	dB(A)	De meteocorrectieterm voor de dag- en avondperiode	2.9
C_{en}	dB(A)	De meteocorrectieterm voor de nachtperiode	2.9
~~$C_{t,diff,hard}$~~ ~~$C_{i,diff,hard}$~~	dB	Het diffractoreffect met een nabijgelegen volledig harde bodem voor octaafbandindex i .	7.2
C_p	dB(A)	De profielafhankelijke correctieterm	2.10
~~$C_{p,m}$~~ $C_{p,m}$		Gevoeligheidscoëfficiënten voor de meetonzekerheid u_p ~~u_p~~	3.1
~~$C_{s,atff}$~~ ~~$C_{s,diff}$~~	dB	Correctieterm voor een diffractor op een geluidsschermbandindex i	2.10; 7.3
C_T	dB(A)	Correctieterm vanwege een schermtop	2.10; 6.1; 6.2
$C_{temp,licht}$	dB(A)	Temperatuurcorrectie voor lichte motorvoertuigen	5.4
$C_{temp,zwaar}$	dB(A)	Temperatuurcorrectie voor (middel)zware	5.4

		motorvoertuigen	
C_{wegdek}	dB(A)	De wegdekcorrectie	1.5; 2.4; 5.1; 5.3
$DI_{j,k,b,h,t}$	dB	DiffRACTIE index voor 1/3 octaafband j, meetpositie k, hoek h en hoogte bron b.	7.3
DI_i	dB	DiffRACTIE index van een diffractor op een geluidsscherm voor 1/3 octaafband j	7.3
95% <i>c.i.</i>	dB(A)	95%-confidentie-interval van een SPB-meting	5.4
DL_R	dB(A)	Niveaureductie door geluidisolatie	6.1
DL_a	dB(A)	Niveaureductie door geluidabsorptie	6.1
d_C	m	Verticale afstand tussen de kromme C en de ontvanger	6.2
d_d	m	De totale breedte van de diffractor	7.2
$f_{optreed}$		Optreedfrequentie per sectorhoek van de meewindcomponent in De Bilt	3.1
H	–	De effectiviteit van het scherm	2.10
h_b	m	De hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied	2.8; 2.9; 2.10
h_e	m	De effectieve schermhoogte	2.10
h_T	m	De hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het plaatselijke maaiveld	2.10
h_w	m	De hoogte van het waarneempunten boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied	2.8; 2.9; 2.10
i	–	Octaafbandindex	2.4; 2.10; 2.12
j	–	Aanduiding van een sector	2.2; 2.12
K	–	Het snijpunt van het scherm met de zichtlijn	2.10
L	–	Het snijpunt van het scherm met een gekromde geluidstraal die onder meewindcondities van bron- naar	2.10

		waarneempunt loopt	
$\underline{L}'$	dB(A)	Uurgemiddelde ruwe meetwaarde	3.1
$\underline{L}_{res}$	dB(A)	Uurgemiddelde waarde voor residueel geluid	3.1
$\underline{L}$	dB(A)	Uurgemiddelde voor residueel geluid gecorrigeerde meetwaarde	3.1
$\underline{L}_p$	dB(A)	Jaargemiddeld geluidniveau per etmaalperiode gebaseerd op metingen	3.1
I_v	–	Categorie lichte motorvoertuigen	2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 4.1
L_{Aeq}	dB(A)	Het equivalente geluidniveau	2.2; 2.3
$L_{A,max}$	dB(A)	Maximale A-gewogen geluidniveau	4.1- $\underline{L}'_{Aeq}$
ΔL_B	dB(A)	De bodemdemping	2.2; 2.8
L_E	dB(A)	Het geluidemissiegetal	2.2; 2.4
$L_{eq,i}$	dB(A)	Het A-gewogen equivalente geluidniveau in octaafband i	2.12
$L_{Aeq,i}$	dB(A)	Bijdrage aan het L_{Aeq} in 1 octaaf, van 1 sector, van 1 bronpunt en van 1 voertuigcategorie	2.2
$\underline{\Delta L}_F$	dB(A)	De niveaureductie als gevolg van de eindige afmetingen van de reflecterende vlakken.	2.11
ΔL_{GU}	dB(A)	De geometrische uitbreidingsterm	2.2; 2.6
$\Delta L_{kruispunt,m}$	dB(A)	De toeslag wegens een kruispunt	2.5
ΔL_L	dB(A)	De luchtdemping	2.2; 2.7
$\Delta L_{obstakel,m}$	dB(A)	De toeslag wegens een situatie die de gemiddelde snelheid sterk beperkt	2.5
ΔL_{OP}	dB(A)	De optrektoeslag	2.2; 2.5
ΔL_{SW}	dB(A)	De schermwerking	2.2; 2.10

ΔL_R	dB(A)	De niveaureductie als gevolg van reflecties	2.2; 2.11
$\Delta L_{R,abs}$	dB(A)	De niveaureductie als gevolg van absorptie bij de reflecties	2.11
m	–	Voertuigcategorie	2.2; 2.4
mv	–	Categorie middelzware motorvoertuigen	2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 4.1
N	–	Het aantal bronpunten	2.2
N_f	–	Het fresnelgetal	2.10; 7.2
N_{refl}	–	Het aantal reflecties tussen bron- en waarneempunt	2.11
n	–	Bronpunt	2.2; 2.12
n	–	Aantal gemeten voertuigen	5.4
p_h	%	Het hellingspercentage van het wegvak	2.4
Q	h^{-1}	De gemiddelde intensiteit van de voertuigcategorie	2.4
q	–	Het type kruispunt	2.5
R_0	m	De afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn	2.6; 2.7; 2.10
R	m	De horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt	2.8; 2.9; 2.10; 7.2
R_B	m	De horizontaal gemeten afstand tussen de bron en het geluidscherm	6.2
R_L	m	De som van de lengtes van de lijnstukken BL en LW	2.10
R_T	m	De som van de lengtes van de lijnstukken BT en TW	2.10
R_w	m	De horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm	2.10; 6.2
R_{BL}	m	De afstand tussen bron en geluidscherm gemeten langs de kortste verbindinglijn	6.2
R_{WL}	m	De afstand tussen geluidscherm en waarneempunt	6.2

		gemeten langs de kortste verbindinglijn	
r_d	m	De afstand van het rijlijnsegment tot het midden van de diffractor	7.2
r_{TW}	m	De horizontale afstand tussen de rand van de schermtop (aan de bronzijde) en de ontvanger	6.2
S_b	–	De effectiviteit van de bodemdemping in het brongebied	2.8; 2.10
S_w	–	De effectiviteit van de bodemdemping in het waarneembeid	2.8; 2.10
$_{-}S_F$	m	Maat voor de verticale afmeting van de Fresnelellipsoïde ter plaatse van (de voet van) het reflecterende oppervlak	2.11
$_{-}S_r$	m	Maat voor het gedeelte van S_F dat ligt tussen de voet en de top van het reflecterende oppervlak	2.11
T	°	De tophoek van het scherm	2.10
~~U_p~~	dB(A)	De totale meetonzekerheid voor L_p	3.1
~~$U_{p,m}$~~	dB(A)	Standaardafwijking die de gecombineerde onzekerheid in emissie en meteorologische omstandigheden representeert	3.1
$_{-}U_{wind}$	dB(A)	De onzekerheid door het schrappen van uurwaarden met te harde wind	3.1
$_{-}U_{nat}$	dB(A)	De onzekerheid als gevolg van het meten tijdens periodes met een natte windbol	3.1
$_{-}U_{meteo}$	dB(A)	De onzekerheid in het bepalen van de juiste meteoklasse	3.1
$_{-}U_{res}$	dB(A)	De onzekerheid in het bepalen van het residueel geluid op basis van L_{90} of L_{95} tijdens onbemande metingen	3.1
$_{-}U_{slm}$	dB(A)	De meetonzekerheid van de meetketen	3.1
~~$_{-}U_{den}$~~	dB(A)	De meetonzekerheid van door metingen vastgesteld L_{den}	3.1
v_o	km/u	De referentiesnelheid van de voertuigcategorie	2.4; 5.1
$_{-}V_{wind}$	m/s	Uurgemiddelde windsnelheid	3.1
$_{-}V_{mee}$		Uurgemiddelde meewindcomponent windsnelheid	3.1

W	–	Waarneempunt/waarnemer	2.10
$W_{\max}$	m/s	Toegestane windsnelheden	3.1
Y	m	Gedeelte van het wegdek dat in het brongebied bij bepaling van absorptiefractie altijd als akoestisch hard wordt gerekend	2.8
z_v	–	Categorie zware motorvoertuigen	2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 4.1
z_0	m	De hoogte van de zichtlijn van de bron ter plaatse van het waarneempunt	6.2
z_B	m	De hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil	2.10
z_C	m	De hoogte van de kromme C ten opzichte van het referentiepeil ter plaatse van het waarneempunt	6.2
z_K	m	De hoogte van punt K (snijpunt scherm en zichtlijn) ten opzichte van het referentiepeil	2.10
z_L	m	De hoogte van punt L (snijpunt scherm en gekromde geluidstraal) ten opzichte van het referentiepeil	2.10
z_T	m	De hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil	2.10; 6.2
z_W	m	De hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil	2.10; 6.2
z'_B	m	De hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil	7.2
z'_T	m	De hoogte van het midden van de diffractor, vermeerderd met 65 cm, ten opzichte van het referentiepeil met een maximum waarde gelijk aan $z'_B - 10 \text{ cm}$	7.2
z'_W	m	De hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil	7.2

¹-Een wegvak met aaneensluitende dagproducties wordt beschouwd als één werk.

²-Het is toegestaan om, naast de meting onder 0° , alleen onder 45° of -45° te meten en het meetresultaat voor zowel -45° als $+45^\circ$ te gebruiken.

BIJLAGE IVf BIJ DE ARTIKELN 3.8, EERSTE LID, ONDER B, 3.12, ONDER A EN D, 3.14, EERSTE LID, ONDER C, EN VIJFDE LID, EN 3.19, ONDER A EN D, VAN DEZE REGELING (MEET- EN REKENMETHODE GELUID SPOORWEGEN)

1 Algemeen

1.1 Begrippen

In deze bijlage wordt verstaan onder:

rekeneenheid: locomotief, treinstel, rijtuig of wagen, als deze deel uitmaakt van het spoorvoertuigtype;

rekeneenheid: locomotief, treinstel, rijtuig of wagen, als deze deel uitmaakt van het spoorvoertuigtype;

verkeersintensiteit: het aantal rekeneenheden van een spoorvoertuigtype dat jaarlijks per uur, gemiddeld over een etmaalperiode, op een bepaald geluidemissietraject passeert.

1.2 Spoorvoertuigcategorieën en spoorwegconstructies

1.2.1 Bestaande spoorvoertuigcategorieën en spoorwegconstructies

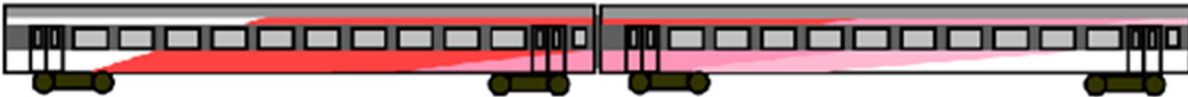
Alle spoorvoertuigtypen worden ingedeeld in een spoorvoertuigcategorie.

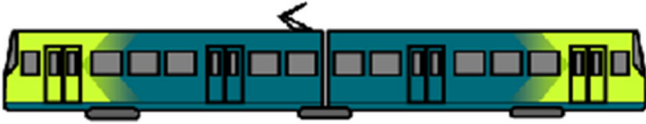
De spoorvoertuigtypen die op de Nederlandse spoorweginfrastructuur rijden, zijn ingedeeld in de in onderstaande tabel opgenomen twaalf spoorvoertuigcategorieën. De indeling is vooral gebaseerd op verschillen in type aandrijving en wielremsysteem.

De in deze bijlage gehanteerde emissie is gekoppeld aan een rekeneenheid van een spoorvoertuigcategorie. De onderstaande tabel geeft het aantal rekeneenheden van een bepaalde samenstelling van een spoorvoertuig aan. In het algemeen valt een rekeneenheid samen met een locomotief of spoorwegrijtuig. Voor verschillende spoorvoertuigen is dat niet het geval. In het geval van hogesnelheidsmaterieel wordt een totale trein opgevat als één rekeneenheid.

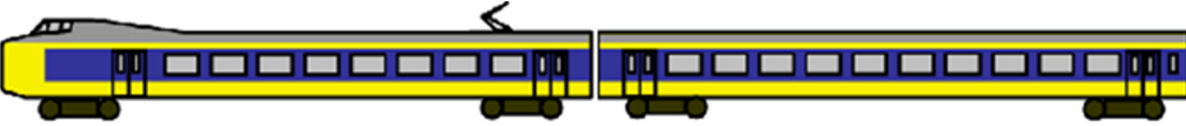
Tabel 1.1 Rekeneenheden van samenstellingen van spoorvoertuigen

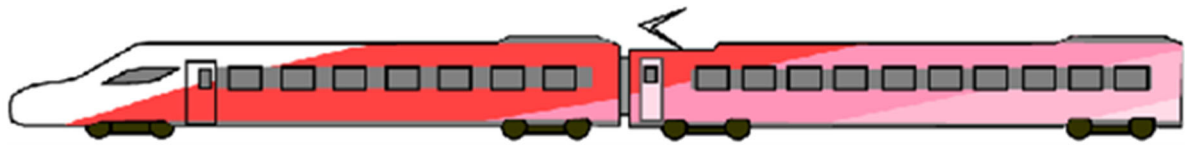
Cat	Type	Tekening (onderling op schaal)	Getoond aantal rekeneen- heden	Getoonde lengte
1	Spoorvoertuigcategorie 1: blokgeremd reizigersmaterieel – elektrisch reizigersmaterieel met alleen gietijzeren blokremmen met de bijbehorende locomotieven: treinstellen van Materieel '64.			
	Mat'64		2	52 m
2	Spoorvoertuigcategorie 2: schijf+blokgeremd reizigersmaterieel – elektrisch reizigersmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde gietijzeren blokremmen: het intercitymaterieel van de typen ICM III, ICR en DDM-1.			
	ICM III	 ICM-III met blokremmen. Heeft 3 rekeneenheden per treinstel.	2	54 m

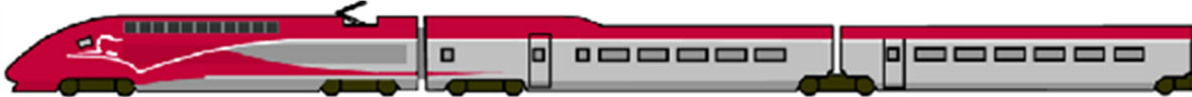
	ICR	 De categorie-indeling hangt af van het remsysteem. Als de toegevoegde blokkenrem is afgeschakeld is het categorie 8 en als deze rem met gietijzeren blokken is uitgevoerd is het categorie 2.	2	53 m
	ICR(B NL)	 De categorie-indeling hangt af van het remsysteem. Als de toegevoegde blokkenrem is afgeschakeld is het categorie 8 en als deze rem met gietijzeren blokken is uitgevoerd is het categorie 2.	2	53 m
	DDM-1	 Heeft toegevoegde blokkenrem. Uiterlijk vrijwel gelijk aan de DDM-2/3 die in categorie 8 is ingedeeld. Altijd met locomotief.	2	52 m
3	Spoorvoertuigcategorie 3: schijf+blokgeremd elektrisch materieel – elektrisch reizigersmaterieel met alleen schijfremmen en met motorgeluid: het stadsgewestelijk materieel (SGM-II/III); – elektrische locomotieven, zoals de series 1600, 1700 en 1800; – de Utrechtse sneltram (SUNIJ).			
	SGM		2	52 m

	SUNIJ	 Er zijn 2 geledingen per rekeneenheid.	1	29 m
4	Spoorvoertuigcategorie 4: goederenmaterieel met gietijzeren blokremmen – alle typen goederenmaterieel met gietijzeren blokremmen.			
	Goederen	 Habbiins-16  Hiirs  Laeks  Fccpps  De categorie van goederenwagens hangt af van het remsysteem. Wagens met gietijzeren blokken vallen in categorie 4. Wagens met alternatieve (K- of LL-) blokkenrem of schijfremmen vallen in categorie 11. Sommige goederenwagens, zoals Hiirs en Laeks, hebben geledingen. Gelede goederenwagens lijken aparte wagens, maar rijden onder één wagennummer en tellen als 1 rekeneenheid.	1 1 1 1 1	Variabel Vlootgemiddelde is circa 15 m

5	Spoorvoertuigcategorie 5: blokgeremd dieselmaterieel – diesel-elektrisch reizigersmaterieel met alleen blokremmen met de bijbehorende locomotieven: de treinstellen van het type DE-I/II/III; – diesel-elektrische locomotieven, behalve de DE-6400.			
6	Spoorvoertuigcategorie 6: schijfgeremd dieselmaterieel – dieselhydraulisch reizigersmaterieel met alleen schijfremmen en met motorgeluid: de Wadloper (DH), de Buffel (DM'90); – de diesel-elektrische locomotief DE-6400.			
	DM'90 Buffel		2	52 m
7	Spoorvoertuigcategorie 7: schijfgeremd metro- en sneltrammaterieel – metro- en sneltrammaterieel van de GVB en de RET; – HSG3, RSG3- en SG3-materieel (Randstadrail). Scharnierende geledingen met 3 of 4 draaistellen zijn 1 eenheid.			
	HSG3 , RSG3 en SG3		1	43 m
8	Spoorvoertuigcategorie 8: schijfgeremd reizigersmaterieel – elektrisch reizigersmaterieel met alleen schijfremmen: de typen ICM III, ICM IV, vIRM-IV/VI, DDM-2/3, ICK, Protos;			

	– elektrisch reizigersmaterieel met afgeschakelde blokremmen of met toegevoegde blokkenrem met L-remblokken (aangepaste ICR); – dieselelektrisch lightrailmaterieel: De Lint, Talent, GTW-DMU.			
	ICM III	 ICM-III met alleen schijfremmen. Heeft 3 rekeneenheden per treinstel.	2	54 m
	ICM-IV	 Heeft 4 rekeneenheden per treinstel.	2	54 m
	IRM		2	54 m
	DDM-2/3	 Uiterlijk vrijwel gelijk aan de DDM-1 die in categorie 2 is ingedeeld. Rijdt meestal met motorbak mDDM in plaats van locomotief.	2	52 m

	Protos		2	53 m
	Talent		2	42 m
	GTW2 /6- DMU		2	41 m
	GTW2 /8- DMU		3	56 m
	Lint		2	42 m
9	Spoorvoertuigcategorie 9: schijf+blokgeremd hogesnelheidsmaterieel – elektrisch hogesnelheidsmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde blokremmen op de motorwagens: de treinstellen van het type Thalys; – elektrisch hogesnelheidsmaterieel van het type ICE-3 en Eurostar.			
	V250		0,25	52 m

		Een V250 (Albatros) bestaat uit 8 geledingen en telt als 1 rekeneenheid (201 m). Getoond zijn de eerste 2 geledingen.		
	ICE	 Een ICE bestaat uit 8 geledingen en telt als 1 rekeneenheid (201 m). Getoond zijn de eerste 2 geledingen.	0,25	
	Thalys	 Een Thalys bestaat uit 10 geledingen en telt als 1 rekeneenheid (200 m). Getoond zijn de eerste 2 geledingen.	0,30	51 m
	Eurostar	 Een Eurostar bestaat uit 16 geledingen en telt als 2 rekeneenheden (402 m). Getoond zijn de eerste 2 geledingen.	0,25	63 m
10	Spoorvoertuigcategorie 10: lightrailmaterieel – lightrailmaterieel van het type A32 en de Regio Citadis; – andere typen schijf of magneetgeremd lightrailmaterieel met de volgende kenmerken: aslast kleiner dan 10 ton, geveerde wielen met een doorsnede kleiner dan 700 mm, afscherming van wielen en rails door lage vloer en vergelijkbare asdichtheid als A32 materieel; -lage vloertram met (deels) afgeschermd en afgeveerde wielen; -trams.			

	A32	 Aantal rekeneenheden $\neq$ aantal geledingen	2	30 m
	Regio Citadis		3	38 m
11	Spoorvoertuigcategorie 11: goederenmaterieel met alternatieve blokremmen (K- of LL-blokken) – alle typen goederenmaterieel met alternatieve (K- of LL-) blokremmen. Voor figuren: zie bij categorie 4.			
12	Spoorvoertuigcategorie 12: schijfgeremd stil reizigersmaterieel – elektrisch reizigersmaterieel met alleen schijfremmen: de typen SLT, FLIRT, GTW-EMU en SNG.			
	SLT-S100	 Getoond is een half treinstel. Een heel treinstel bestaat uit 6 rekeneenheden.	3	50 m
	SLT-S70		2	35 m

		Getoond is een half treinstel. Een heel treinstel bestaat uit 4 rekeneenheden.		
	FLIRT -II		2	46m
	FLIRT -III		3	63m
	FLIRT IV		4	81 m
	GTW2 /8	 Aantal rekeneenheden ≠ aantal geledingen.	3	56 m
	GTW2 /6	 Aantal rekeneenheden ≠ aantal geledingen.	2	41 m
	SNG- 3		3	60 m

	SNG- 4		4	76 m

1.2.2 Nieuwe spoorvoertuigcategorieën en spoorwegconstructies

Van de in paragraaf 1.2.1 met naam genoemde spoorvoertuigtypen zijn de emissiekenmerken in het verleden vastgesteld. Deze indeling is gebaseerd op type aandrijving en remsysteem.

De emissiekenmerken van een nieuw spoorvoertuigtype of een nieuwe spoorwegconstructie worden bepaald door middel van een meting.

Bij wijzigingen aan deze spoorvoertuigtypen of bij het beschikbaar komen van nieuwe spoorvoertuigtypen gelden de volgende regels:

1. Als er een modificatie van een bestaand spoorvoertuigtype (met ander typenummer en dergelijke) plaatsvindt waarbij het type aandrijving en het type remsysteem niet wijzigt: dit spoorvoertuigtype wordt in dezelfde spoorvoertuigcategorie ingedeeld als waarin het voor de modificatie was geplaatst.
2. Als er een modificatie van een bestaand spoorvoertuigtype (met ander typenummer en dergelijke) plaatsvindt waarbij het aandrijf- en/of remsysteem wel is gewijzigd: met procedure A uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 wordt getoetst of het spoorvoertuigtype kan worden ingedeeld in een bestaande categorie.
3. Als toepassing van procedure A uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 niet leidt tot een indeling in een bestaande categorie: met procedure B uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 worden nieuwe emissiekentallen voor het spoorvoertuigtype vastgesteld.

Bij het bepalen van de correctieterm van een nieuw type bovenbouwconstructie wordt procedure C uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 gebruikt.

Een andere meetmethode dan opgenomen in de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 is toegestaan als aannemelijk is gemaakt dat die andere meetmethode in die situatie ten minste gelijkwaardig is aan de in de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 beschreven methoden.

Voor trams is een aparte meetmethode vastgesteld voor het bepalen van emissiekentallen en correctiewaarden voor de spoorwegconstructie. Deze zijn opgenomen in paragraaf 4.3.

2 De geluidemissiegetallen per octaafband

2.1 Bronhoogten

De bepaling van de geluidemissiegetallen per octaafband vindt plaats op vijf verschillende bronhoogten, te weten:

- op de hoogte van de bovenkant van het spoor (het geluidemissiegetal L_E^{bs});
- op een hoogte van 0,5 m boven de bovenkant van het spoor (het geluidemissiegetal L_E^{as});
- op een hoogte van 2,0 m boven de bovenkant van het spoor (het geluidemissiegetal L_E^{2m});
- op een hoogte van 4,0 m boven de bovenkant van het spoor (het geluidemissiegetal L_E^{4m});
- op een hoogte van 5,0 m boven de bovenkant van het spoor (het geluidemissiegetal L_E^{5m}).

2.2 Bovenbouw

Bovenbouwconstructies

Het geluidemissietraject wordt als volgt getypeerd naar bovenbouwconstructie en baangesteldheid:

- baan op betonnen mono- of duoblok dwarsliggers in ballastbed (index $bb = 1$);
- baan op houten of zigzag betonnen dwarsliggers in ballastbed (index $bb = 2$);
- baan met ballastbed met niet-doorgelaste spoorstaven, spoorstaafonderbreking of wissels (index $bb = 3$);
- baan met blokkenspoor (index $bb = 4$);
- baan met blokkenspoor en ballastbed (index $bb = 5$);
- baan met regelbare spoorstaafbevestiging (index $bb = 6$);
- baan met regelbare spoorstaafbevestiging en ballastbed (index $bb = 7$);

- baan met ingegoten spoorstaaf (index $bb = 8$);
- baan met directe railbevestiging op een onderheide betonplaat voor metro- en sneltrammaterieel (index $bb = 9$);
- baan met raildempers op betonnen mono- of duoblok dwarsliggers in ballastbed (index $bb = 10$);
- baan met HSL-Rhedaspoor (index $bb = 11$);
- baan met HSL-Rhedaspoor en raildempers (index $bb = 12$);
- baan bij overweg;
- trambaan in gras (index $bb=13$);
- trambaan in asfalt (index $bb=14$);
- tramplatenspoor (index $bb=15$);
- trambaan in klinkers (index $bb=16$).

Spoorconditie

De conditie van het spoor wordt in rekening gebracht via de term spoorconditie. In deze term is het effect van spoorstaafonderbrekingen en de spoorstaafrouwheid opgenomen.

Spoorstaafonderbrekingen en wissels

Bij de bepaling van de geluidemissiegetallen wordt onderscheid gemaakt naar de mate van voorkomen van spoorstaafonderbrekingen op het geluidemissietraject:

- voegloze spoorstaaf (doorgelast) met of zonder voegloze wissels en kruisingen (index $m = 1$);
- niet doorgelaste spoorstaaf (=voegenspoorstaaf) ($m = 2$);
- wissels ($m = 3$ of $m = 4$).

Wissels worden direct gemodelleerd met de werkelijke lengte. Bij de modellering van een wissel kan het worden opgesplitst in meerdere delen. De bovenbouwcorrectie wordt bepaald aan de hand van het type wissel: 'voegloos'/'intern-voegloos'/'niet-voegloos':

- een voegloze wissel krijgt de bovenbouwcode die hoort bij het type dwarsligger;
- een intern-voegloze/niet-voegloze wissel krijgt bovenbouwcode $bb = 3$;
- voor een intern-voegloze wissel wordt aangenomen dat deze gemiddeld één voeg heeft;
- voor een niet-voegloze wissel wordt aangenomen dat deze gemiddeld drie voegen heeft;
- het aantal voegen gedeeld door de totale lengte van het wissel levert de informatie om de stootgeluidcorrectie te bepalen (de factor f_m voor toepassing in formule 2.3c).

Spoorstaafrouwheid

Ten slotte is het mogelijk om rekening te houden met situaties waarbij structureel sprake is van een fors afwijkende spoorstaafrouwheid dan het landelijk gemiddelde dat de basis is voor de Standaardrekenmethode 2 in deze bijlage. Dit is met name bedoeld om de mogelijkheid te bieden de geluidreducerende effecten in de berekening te verwerken van het onderhouden van het spoor in een toestand met extra lage spoorstaafrouwheid (door bijvoorbeeld intensief onderhoud of akoestisch slijpen).

2.3 Gegevens

Voor de berekening van de geluidemissiegetallen per octaafband zijn de volgende gegevens nodig:

- $Q_{p,c}$: het gemiddelde aantal rekeneenheden van spoorvoertuigen met snelheidsprofiel p van de betrokken spoorvoertuigcategorie c [h^{-1}];
- $Q_{p,r,c}$: het gemiddelde aantal eenheden van spoorvoertuigen met snelheidsprofiel p van de betrokken spoorvoertuigcategorie c waarvan het remsysteem is ingeschakeld [h^{-1}];
- $v_{p,c}$: de gemiddelde snelheid van de spoorvoertuigen met snelheidsprofiel p van de betrokken spoorvoertuigcategorie c [kmh^{-1}];
- p : snelheidsprofiel: doorgaand (d) stoppend (s) en rangerend (r);
- bb : het type bovenbouwconstructie/baangesteldheid [-];
- m : aanduiding van de mate van voorkomen van spoorstaafonderbrekingen [-].

2.4 Berekeningswijze

De berekening verloopt als volgt:

$$L_{E,i}^{bs} = 10 \lg \left(\sum_{p=d,s,r} \sum_{c=1}^{12} 10^{\frac{E_{p,i,c}^{bs} + C_{bb,i,c}^{bs} + C_{spoorconditie,i,c,m}}{10}} \right) \quad (2.1a)$$

$$L_{E,i}^{as} = 10 \lg \sum_{p=d,s,r} \left(\sum_{c=1}^{12} 10^{\frac{E_{p,i,c}^{as} + C_{bb,i,c}^{as} + C_{spoorconditie,i,c,m}}{10}} + \sum_{c=1}^{12} 10^{\frac{E_{rem,p,i,c}}{10}} + \sum_{c=3,5,6} 10^{\frac{E_{motor,p,i,c}}{10}} + \sum_{c=9} 10^{\frac{E_{aero,p,i,c}^{as}}{10}} \right) \quad (2.1b)$$

$$L_{E,i}^{2m} = 10 \lg \sum_{p=d,s,r} \left(\sum_{c=9} 10^{\frac{E_{aero,p,i,c}}{10}} + \sum_{c=9} 10^{\frac{E_{koeling,p,i,c}}{10}} \right) \quad (2.1c)$$

$$L_{E,i}^{4m} = 10 \lg \sum_{p=d,s,r} \left(\sum_{c=9} 10^{\frac{(E_{aero,p,i,c}-3)}{10}} + \sum_{c=9} 10^{\frac{(E_{koeling,p,i,c}-3)}{10}} \right) \quad (2.1d)$$

$$L_{E,i}^{5m} = 10 \lg \sum_{p=d,s,r} \left(\sum_{c=9} 10^{\frac{(E_{aero,p,i,c}-3)}{10}} \right) \quad (2.1e)$$

Voor de categorieën 1, 2, 3, 6, 7 en 8 is:

$$E_{p,i,c}^{bs} = E_{p,i,c} - 1$$

$$E_{p,i,c}^{as} = E_{p,i,c} - 7$$

Voor de categorieën 4, 5 en 11 is:

$$E_{p,i,c}^{bs} = E_{p,i,c} - 3$$

$$E_{p,i,c}^{as} = E_{p,i,c} - 3$$

Voor categorie 9 is:

$$W = -3,2 - 1,5 \arctan \frac{v - 200}{50}$$

$$E_{p,i,9}^{bs} = E_{p,i,9} + W$$

$$E_{p,i,9}^{as} = E_{p,i,9} + 10 \lg(1 - 10^{W/10})$$

Voor de categorieën 10 en 12 is:

$$E_{p,i,c}^{bs} = E_{p,i,c} - bs$$

$$E_{p,i,c}^{as} = E_{p,i,c} - as$$

Met:

$$E_{p,i,c} = a_{i,c} + b_{i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c} \quad E_{p,i,c} = a_{i,c} + b_{i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c} \quad (2.2a)$$

$$E_{rem,p,i,c} = a_{i,c} + b_{i,c} \lg v_{p,r,c} + 10 \lg Q_{p,r,c} + C_{rem,i,c} \quad E_{rem,p,i,c} = a_{i,c} + b_{i,c} \lg v_{p,r,c} + 10 \lg Q_{p,r,c} + C_{rem,i,c} \quad (2.2b)$$

en voor c = 3, 5, 6:

$$E_{motor,p,i,c} = a_{motor,i,c} + b_{motor,i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c} \quad E_{motor,p,i,c} = a_{motor,i,c} + b_{motor,i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c} \quad (2.2c)$$

en voor c = 9:

$$E_{koeling,p,i,c} = a_{koeling,i,c} + b_{koeling,i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c} \quad (2.2d)$$

$$E_{aero,p,i,c} = a_{aero,i,c} + b_{aero,i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c} \quad E_{aero,p,i,c} = a_{aero,i,c} + b_{aero,i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c} \quad (2.2e)$$

De waarden van de emissiekentallen a_c en b_c zijn gegeven in de tabellen 2.1 en 2.2.

Tabel 2.1 Emissiekentallen a_c en b_c als functie van spoorvoertuigcategorie c en octaafbandindex (i)

Categorie	Kental	Octaafbandindex i met middenfrequentie in [Hz]							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k Hz
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	a	20	55	86	86	46	33	40	29
	b	19	8	0	3	26	32	25	24
2	a	51	76	91	84	46	15	24	36
	b	5	0	0	7	26	41	33	20
3	$a, v < 60$	54	50	66	86	68	68	45	39
	$v \geq 60$	36	15	66	68	51	51	27	21
	$b, v < 60$	0	10	10	0	10	10	20	20
	$v \geq 60$	10	30	10	10	20	20	30	30
3 motor	$a, v < 60$	72	88	85	51	62	54	25	15
	$v \geq 60$	72	35	50	68	9	71	7	-3
	$b, v < 60$	-10	-10	0	20	10	20	30	30
	$v \geq 60$	-10	20	20	10	40	10	40	40
4	a	30	74	91	72	49	36	52	52
	b	15	0	0	12	25	31	20	13
5	$a, v < 60$	41	90	89	76	59	58	51	40
	$v \geq 60$	41	72	89	94	76	58	51	40
	$b, v < 60$	10	-10	0	10	20	20	20	20
	$v \geq 60$	10	0	0	0	10	20	20	20
5 motor	a	88	95	107	113	109	104	98	91
	b	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
6	$a, v < 60$	54	50	66	86	68	68	45	39
	$v \geq 60$	36	15	66	68	51	51	27	21
	$b, v < 60$	0	10	10	0	10	10	20	20
	$v \geq 60$	10	30	10	10	20	20	30	30
6 motor	$a, v < 60$	72	88	85	51	62	54	25	15
	$v \geq 60$	72	35	50	68	9	71	7	-3
	$b, v < 60$	-10	-10	0	20	10	20	30	30
	$v \geq 60$	-10	20	20	10	40	10	40	40
7	a	56	62	53	57	37	36	41	38
	b	2	7	18	18	31	30	25	23
8	a	31	62	87	81	55	35	39	35
	b	15	5	0	6	19	28	23	19
9	$a, v < 120$	56	78	100	106	75	73	88	58
	$v \geq 120$	38	69	92	87	62	43	48	46
	$b,$	5	1	-4	-4	13	13	3	16

	$v < 120$ $v \geq 120$	15	5	0	6	19	28	23	19
9 koeling	a	54	69	79	84	84	83	82	78
	b	0	0	0	0	0	0	0	0
9 aero	a	-45	-35	-27	-25	-26	-25	-25	-30
	b	50	50	50	50	50	50	50	50
10-bs	a	7	50	62	69	42	43	30	14
	b	20	10	9	8	24	23	25	28
10-as	a	25	78	51	39	29	26	25	18
	b	13	-8	9	20	25	29	31	28
11	a	57	30	59	71	45	66	22	18
	b	0	24	16	10	24	14	34	32
12-bs	a	23,5	60,8	70,7	55,5	46,0	51,2	60,6	53,8
	b	17,8	7,5	6,8	16,4	19,7	17,8	10,9	11,2
12-as	a	18,9	55,9	67,3	50,6	43,2	47,4	57,3	50,0
	b	18,1	7,5	6,7	17,7	19,7	17,8	10,4	11,0

$C_{rem,i,c}$ wordt bepaald volgens tabel 2.2.

Tabel 2.2 De remgeluid-correctieterm $C_{rem,i,c}$ als functie van de spoorvoertuigcategorie (c) en octaafbandindex (i)

Octaafbandindex i	$C_{rem,i,c}$				
	$c = 1, 4, 5$	$c = 2$	$c = 7$	$c = 3, 6, 8, 9, 11, 12$	$c = 10$
1	-20	-20	-8	-20	2
2	-20	-20	-7	-20	-1
3	-20	-20	-20	-20	0
4	-2	0	-20	-20	2
5	2	1	-20	-20	5
6	3	2	-20	-20	4
7	8	5	-20	-20	4
8	9	5	-5	-20	3

De bovenbouwcorrectietermen $C_{bb,i,c}^{bs}$ en $C_{bb,i,c}^{as}$ brengen het effect van verschillende baanconstructies in rekening op twee bronhoogten. Daarbij is een spoorstaafurowheid zoals gemiddeld in Nederland optreedt het uitgangspunt. De bovenbouwcorrectietermen zijn als volgt gedefinieerd:

$$C_{bb,i,c}^{bs} = C_{bb,i} \quad (2.3a)$$

$$C_{bb,i,c}^{as} = \begin{cases} C_{bb,i} & \text{voor } c \neq 9 \\ 0 & \text{voor } c = 9 \end{cases}$$

De waarde voor de bovenbouwcorrectieterm voor verschillende bovenbouwconstructies is gegeven in tabel 2.3.

Tabel 2.3 Correctieterm $C_{bb,i}$ als functie van bovenbouwconstructie/baangesteldheid (bb) en octaafbandindex (i)

$C_{bb,i}$	Octaafbandindex (i)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
bb=1	0	0	0	0	0	0	0	0
bb=2	1	1	1	5	2	1	1	1
bb=3	1	3	3	7	4	2	3	4
bb=4	6	8	7	10	8	5	4	0
bb=5	6	8	8	9	2	1	1	1
bb=6	3	4	-1	3	7	4	3	3
bb=7	6	1	0	0	0	0	0	0
bb=8	5	4	3	6	2	1	0	0
bb=9	7	2	1	4	7	9	5	1
bb=10	0	0	-1	-2	-4	-3	-2	-1
bb=11	0	0	0	7	7	3	2	0
bb=12	0	0	-2	4	5	-5	-3	-4
bb=13	8,6	5,4	2,6	3,3	3,5	0,7	-3,5	-2,7
bb=14	3,8	-0,3	2,9	-0,7	5,1	2,0	-1,0	-2,6
Bb=15	7,9	3,1	1,0	0,3	4,6	1,0	-1,4	-1,1
Bb=16	4,0	3,4	0,0	-1,3	0,5	-1,7	2,0	-4,1

De invloed van de conditie van het spoor op de geluidemissie wordt in rekening gebracht met de term $C_{\text{spoorconditie},t,c,m}$. Hiermee wordt het effect beschreven van eventuele voegen in het spoor of van een spoorstaafzuigheid die sterk afwijkt van het Nederlands gemiddelde. Voor de bepaling van deze term wordt formule (2.3b) of (2.3c) gebruikt, afhankelijk van de mate van spooronderbreking. Voor tramspoorconstructies waarvan de spoorconditie niet is vastgesteld wordt gebruik gemaakt van de formule (2.3d) of (2.3e).

$$C_{\text{spoorconditie},t,c,t} = C_{\text{ruwheid},t,c} \text{ voor } m = 1 \quad C_{\text{spoorconditie},i,c,1} = C_{\text{ruwheid},i,c} \text{ voor } m = 1 \quad (2.3b)$$

of

$$C_{\text{spoorconditie},t,c,m} = 10 \lg(1 + f_m A_i) \text{ voor } m = 2, 3 \text{ of } 4 \quad (2.3c)$$

$$C_{\text{spoorconditie},i,c,m} = 10 \lg(1 + f_m A_i) \text{ voor } m = 2, 3 \text{ of } 4$$

$$C_{\text{spoorconditie},t,c,t} = 5 \text{ voor trambaan in normale spoorconditie (bb = 13, 14, 15 of 16)} \quad (2.3d)$$

$$C_{\text{spoorconditie},i,c,1} = 5 \text{ voor trambaan in normale spoorconditie (bb = 13, 14, 15 of 16)}$$

of

$$C_{\text{spoorconditie},t,c,t} = 3 \text{ voor geslepen trambaan (bb = 13, 14, 15 of 16)} \quad (2.3e)$$

$$C_{\text{spoorconditie},i,c,1} = 3 \text{ voor geslepen trambaan (bb = 13, 14, 15 of 16)}$$

Voor voegend spoor en voegende wissels zijn de waarden voor f_m en A_i in de tabellen 2.4 en 2.5 opgenomen. De lengte van het wissel (in de tabel genoemd 'lengte wissel') wordt bepaald door de totale lengte van het wissel (van de voorlas tot de achterlas) en niet de lengte van het gemodelleerde wisselgedeelte.

Tabel 2.4 Waarden voor de factor f_m (als m ongelijk is aan 1)

Omschrijving	m	f_m
Voegenspoor	2	1/30
Intern-voegloos wissel	3	1/lengte wissel
Niet-voegloos wissel	4	3/lengte wissel

Tabel 2.5 Kental voor stootgeluidemissie A_i als functie van octaafbandindex (i)

octaafbandindex i	A_i
1	3
2	40
3	20
4	3
5, 6, 7, 8	0

De extra geluidemissie van ruwe spoorstaven of de geluidreductie door gladdere spoorstaven wordt verwerkt door het verschil in de energetische som van wiel- en spoorstaafrouwheid in de bovenbouwcorrectieterm te verwerken. Deze methodiek geldt alleen voor voegloze spoorstaven ($m=1$). Voor niet-voegloze spoorstaven wordt geen spoorstaafrouwheidscorrectie toegepast.

Het effect van de afwijkende ruwheid wordt in rekening gebracht met de coëfficiënt $C_{ruwheid,i,c}$. Deze term is afhankelijk van de snelheid (v) en de spoorvoertuigcategorie (c). Als ervoor wordt gekozen niet te corrigeren voor een eventueel lokaal afwijkende spoorstaafrouwheid, geldt

$$C_{ruwheid,i,c} = 0 \quad C_{ruwheid,i,c} = 0.$$

$$C_{ruwheid,i,c} = (L_{i,rtr,feitelijk} \oplus L_{i,rveh,c}) - (L_{i,rtr,ref} \oplus L_{i,rveh,c}) \quad (2.3d)$$

$$C_{ruwheid,i,c} = (L_{i,rtr,feitelijk} \oplus L_{i,rveh,c}) - (L_{i,rtr,ref} \oplus L_{i,rveh,c})$$

met:

$L_{i,rtr,ref}(v)$: de referentieruwheid (afgeleid uit de gemiddelde spoorstaafrouwheid in Nederland);

$L_{i,rtr,feitelijk}(v)$: de lokale ruwheid van de spoorstaven waar de berekeningen worden uitgevoerd;

$L_{i,rveh,c}(v)$: de wielruwheid van de diverse spoorvoertuigcategorieën, volgens tabel 2.7.

Het symbool $\oplus$ staat voor energetische sommatie ($x \oplus y = 10 \lg (10^{x/10} + 10^{y/10})$).

Voor de spoorvoertuigcategorieën uit deze bijlage geldt het volgende verband tussen remsysteem en spoorvoertuigcategorie:

- de categorieën 1, 4, 5: gietijzeren blokkenrem;
- categorie 2: schijfrem + toegevoegde gietijzeren blokkenrem;
- de categorieën 3 (exclusief het elektrisch reizigersmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde alternatieve (LL-) blokkenremmen), 6, 7, 8, 9, 10 en 12: schijfrem;
- categorie 3 (alleen het elektrisch reizigersmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde alternatieve (LL-) blokkenremmen): schijfrem + toegevoegde alternatieve blokkenrem;
- categorie 11: alleen alternatieve blokkenrem.

Voor nieuwe spoorvoertuigen die worden ingemeten volgens procedure B van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 volgt de gemiddelde wielruwheid uit de metingen.

Tabel 2.6a Spoorstaafruwheid als functie van de golflengte

Golflengte (mm)	630	500	400	315	250	200	160	125	100	80	63	50	40	31,5	25
Referentieruwheid	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1
Geoptimaliseerd voor snelheden < 200 km/u	¹	¹	¹	¹	¹	5,5	4,0	2,5	1,0	-0,5	-2,0	-3,5	-5,0	-6,5	-8,0
Geoptimaliseerd voor snelheden > 200 km/u	13,0	12,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	0,0	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0

¹ Gegevens zijn niet beschikbaar, geadviseerd wordt om voor deze golflengten uit te gaan van de referentieruwheid

Tabel 2.6b Spoorstaafruwheid als functie van de golflengte

Golflengte (mm)	20	16	12,5	10	8	6,3	5	4	3,15	2,5	2	1,6	1,25	1
Referentieruwheid	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15
Geoptimaliseerd voor snelheden < 200 km/u	-9,5	-11,0	-11,3	-11,6	-11,9	-12,2	-12,5	-12,8	-13,1	¹	¹	¹	¹	¹
Geoptimaliseerd voor snelheden > 200 km/u	-4,5	-5,0	-5,0	-5,0	-6,0	-7,0	-8,0	-9,0	-10,0	-11,0	-12,0	-13,0	¹	¹

¹ Gegevens zijn niet beschikbaar, geadviseerd wordt om voor deze golflengten uit te gaan van de referentieruwheid

Tabel 2.7a Wielruwheid afhankelijk van het type remsysteem als functie van de golflengte

Golflengte [mm]	630	500	400	315	250	200	160	125	100	80	63	50	40	31,5	25
Schijfrem + toegevoegde gietijzeren blokkenrem	16	15	14	13	12	11	11	12	13	14	16	15	12	11	10
Schijfrem + toegevoegde alternatieve blokkenrem	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-3	-2	-1	-2	-1	-2	-2	-3
Alleen gietijzeren blokkenrem	10	9	8	7	6	5	6	7	9	11	13	12	10	8	6

Alleen schrijfrem	13	12	11	10	9	8	7	7	6	6	3	1	-1	-2	-3
Alleen alternatieve blokkenrem	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

¹ Gegevens niet bekend; voor zover nodig vaststellen met behulp van methode B van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006.

Tabel 2.7b Wielruwheid afhankelijk van het type remsysteem als functie van de golflengte

Golflengte [mm]	20	16	12,5	10	8	6,3	5	4	3,15	2,5	2	1,6	1,25	1
Schijfrem + toegevoegde gietijzeren blokkenrem	6	3	-2	-5	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16
Schijfrem + toegevoegde alternatieve blokkenrem	-3	-3	-4	-5	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16
Alleen gietijzeren blokkenrem	5	0	-1	-1	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12
Alleen schrijfrem	-3	-4	-4	-5	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16
Alleen alternatieve blokkenrem	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

¹ Gegevens niet bekend; voor zover nodig vaststellen met behulp van methode B van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006.

De spoorstaafruwheid L_{rtr} van de meetlocatie wordt gemeten in 1/3-octaven volgens de procedures omschreven in NEN-EN-ISO 3095:2013. De spoorstaafruwheid wordt op representatieve locaties gemeten en in het model verwerkt. Deze meetlocaties zijn verdeeld over het gehele spoorweggedeelte dat in het model wordt opgenomen. De meetgegevens zijn onderdeel van de rapportage van het akoestisch onderzoek.

De wiel- en spoorstaafruwheden moeten in octaafbanden zijn uitgedrukt. Om van ruwheidsgolflengte de correctie in geluidoctaafbanden te krijgen, wordt de volgende methode gehanteerd:

1. Bepaal de ruwheidscorrectie per golflengtegebied λ (van 1 tot 630 mm)

$$\begin{aligned}
 C_{ruwheid,\lambda,c} - C_{ruwheid,\lambda,c} &= (L_{\lambda,rtr,feitelijk} \oplus L_{\lambda,rveh,c}) - (L_{\lambda,rtr,ref} \oplus L_{\lambda,rveh,c}) \\
 &= (L_{\lambda,rtr,feitelijk} \oplus L_{\lambda,rveh,c}) - (L_{\lambda,rtr,ref} \oplus L_{\lambda,rveh,c}) \\
 &= 10 \lg \left(10^{\frac{L_{\lambda,rtr,feitelijk}}{10}} + 10^{\frac{L_{\lambda,rveh,c}}{10}} \right) - 10 \lg \left(10^{\frac{L_{\lambda,rtr,ref}}{10}} + 10^{\frac{L_{\lambda,rveh,c}}{10}} \right)
 \end{aligned} \quad (2.4a)$$

Als de ruwheid niet afwijkt van de referentieruwheid dan is de ruwheidscorrectie voor een bepaalde golflengte: $C_{ruwheid,\lambda,c} = 0 - C_{ruwheid,\lambda,c} = 0$.

2. Bepaal de ruwheidscorrectie per werkelijke geluidsfrequentie f : $C_{ruwheid,(f,v),c} = C_{ruwheid,\lambda,c}$
 $C_{ruwheid,(f,v),c} \equiv C_{ruwheid,\lambda,c}$. Met $f = 1.000/3,6 \cdot (v/f)$, $f = 1.000/3,6 \cdot (v/\lambda)$. Met frequentie f in Hz, voertuigsnelsheid v in km/u en golflengte λ in mm. Dus:

$$C_{ruwheid,(f=2500\text{Hz},v=90\text{km/u}),c} = C_{ruwheid,\lambda=10\text{mm},c} = C_{ruwheid,(f=2500\text{Hz},v=90\text{km/u}),c} = C_{ruwheid,\lambda=10\text{mm},c} \quad (2.4b)$$

3. De werkelijke geluidsfrequentie f komt in het algemeen niet overeen met de preferente tertsbandsmiddenfrequenties (deze zijn voor deze toepassing $f_{\text{terts}} = 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1.000, 1.250, 1.600, 2.000, 2.500, 3.150, 4.000, 5.000, 6.300, 8.000$ en 10.000 Hz). Daarom worden de waarden van $C_{\text{ruwheid}}(f=2500\text{Hz}, v=90\text{km/u}), c = C_{\text{ruwheid}, \lambda=10\text{mm}, c}$

bepaald uit lineaire interpolatie van de waarden van $C_{\text{ruwheid}, (f, v), c}$ en $C_{\text{ruwheid}, (f, v), c}$. Zoek hiervoor de twee werkelijke geluidsfrequenties f_- en f_+ die het dichtst liggen bij de tertsmiddenbandfrequentie f_{terts} zodat geldt: $f_- < f_{\text{terts}} < f_+$. Dan geldt:

$$C_{\text{ruwheid}, (f_{\text{terts}}, v), c} = C_{\text{ruwheid}, (f_-, v), c} + (C_{\text{ruwheid}, (f_+, v), c} - C_{\text{ruwheid}, (f_-, v), c}) \cdot \left(\frac{\lg(f_{\text{terts}}) - \lg(f_-)}{\lg(f_+) - \lg(f_-)} \right) \quad (2.4c)$$

Hiermee is de ruwheidscorrectie per tertsbands bepaald.

4. De ruwheidscorrectie per tertsbands wordt ten slotte energetisch gemiddeld om een ruwheidscorrectie per octaafbandindex i te berekenen. Daarvoor worden eerst de drie tertsbandsmiddenfrequenties gezocht die binnen de octaafband vallen. Dit is samengevat in onderstaande tabel:

Tabel 2.8 Standaard middenfrequenties voor octaaf- en tertsbands

i	Octaafband f_{oct}	Tertsbands $f_{\text{terts1}}, f_{\text{terts2}}, f_{\text{terts3}}$
1	63	50, 63, 80
2	125	100, 125, 160
3	250	200, 250, 315
4	500	400, 500, 630
5	1.000	800, 1.000, 1.250
6	2.000	1.600, 2.000, 2.500
7	4.000	3.150, 4.000, 5.000
8	8.000	6.300, 8.000, 10.000

Vervolgens kan de ruwheidscorrectie per octaafband worden bepaald met de volgende formule:

$$\begin{aligned} C_{\text{ruwheid}, i, c} &= C_{\text{ruwheid}, (f_{\text{oct}}, v), c} \\ C_{\text{ruwheid}, i, c} &= C_{\text{ruwheid}, (f_{\text{terts1}}, v), c} \oplus C_{\text{ruwheid}, (f_{\text{terts2}}, v), c} \oplus C_{\text{ruwheid}, (f_{\text{terts3}}, v), c} - 10 \lg(3) \\ &= 10 \lg \frac{1}{3} \left(10^{\frac{C_{\text{ruwheid}, (f_{\text{terts1}}, v), c}}{10}} + 10^{\frac{C_{\text{ruwheid}, (f_{\text{terts2}}, v), c}}{10}} + 10^{\frac{C_{\text{ruwheid}, (f_{\text{terts3}}, v), c}}{10}} \right) \end{aligned} \quad (2.4d)$$

In veel situaties waarin wordt overwogen plaatselijk een extra lage spoorstaafrouwheid aan te brengen en te onderhouden is het ten tijde van het akoestisch onderzoek nog niet mogelijk de spoorstaafrouwheid door meting vast te stellen, omdat deze pas wordt aangebracht nadat geluidprocedures zijn doorlopen. In dat geval wordt aangetoond dat de lage spoorstaafrouwheid waarmee wordt gerekend, in de praktijk is te realiseren en te onderhouden.

Maatgevend daarbij is dat per spoorvoertuigcategorie de op basis van de verwachte lage spoorstaafrouwheid berekende geluidsreductie, gemiddeld over de tijdsperiode tussen twee slijpbeurten en over het betrokken spoorweggedeelte bezien, ook in werkelijkheid optreedt. Daarnaast worden lokale afwijkingen voorkomen als die gemiddeld over de tijdsperiode tussen twee slijpbeurten leiden tot een 1 dB lagere geluidsreductie dan was berekend. De middelingen over de tijd en over het spoorweggedeelte zijn lineaire middelingen.

Als emissiegegevens volgens procedure B van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden

Railverkeer 2006 beschikbaar zijn met effectieve ruwheden en overdrachten van het te berekenen spoorweggedeelte en spoorvoertuig, dan worden de termen $C_{bb,i}$ en $C_{spoorconditie,i,c,m}$ niet gebruikt.

2.5 Emissie van betonnen en stalen kunstwerken

2.5.1 Betonnen kunstwerken

Bij betonnen kunstwerken en de daarop toegepaste bovenbouwconstructie is de emissie ten gevolge van het rolgeluid en van de geluiduitstraling door het kunstwerk zelf verwerkt in de bovenbouwcorrectie (tabel 2.3). Bij toepassing van schermen op het kunstwerk wordt hierdoor het effect van de schermen bij lage frequenties overschat. Deze modellering is daarom alleen toelaatbaar voor schermen met een maximum hoogte van 2 m boven de bovenkant van het spoor.

Voor hogere schermen is nader akoestisch onderzoek noodzakelijk.

De toe te passen bovenbouwcorrecties voor verschillende typen betonnen kunstwerken is gegeven in tabel 2.9.

Tabel 2.9 Toe te passen bovenbouwcorrecties bij verschillende typen betonnen kunstwerken¹

Type kunstwerk	Type bovenbouw op het kunstwerk	Code <i>bb</i>
TT- en kokerliggerbrug	Regelbare bevestiging	6
Plaat- en trogbrug	Dwarsliggers in ballastbed (betonnen of houten)	1 of 2
	Regelbare bevestiging	6
	Regelbare bevestiging volgestort met ballast	7
Plaatbrug	Blokkenspoor	4
	Blokkenspoor volgestort met ballast	5
	Ingegoten spoorstaaf	8

¹ De cijfers in de tabel verwijzen naar de codes van tabel 2.3.

2.5.2 Stalen kunstwerken

Bij stalen kunstwerken wordt de toename van de emissie ten gevolge van de invloed van het kunstwerk in rekening gebracht met een geluidemissietoeslag. De toename van de emissie kan worden toegeschreven aan geluidemissie van het kunstwerk zelf en een toename van het rolgeluid op het kunstwerk. De emissie ten gevolge van de geluiduitstraling door het kunstwerk zelf wordt verwerkt door het toevoegen van een bronlijn op 0 m BS en de extra emissie ten gevolge van de toename van het rolgeluid wordt verrekend als toename van de emissie op de al gemodelleerde bronnen op 0 en 0,5 m BS.

In de geluidemissietoeslag is het effect van een mogelijk afwijkende bovenbouwconstructie en eventuele extra afschermende delen van het kunstwerk al verwerkt. Daarom wordt bij stalen kunstwerken in de modellering uitgegaan van bovenbouwconstructie $bb=1$ en worden de afschermende delen van het kunstwerk niet gemodelleerd.

De geluidemissietoeslag voor een stalen kunstwerk wordt meettechnisch bepaald volgens de methode beschreven in paragraaf 4.2.

Voor het toepassen van schermen als geluidmaatregel op het kunstwerk is nader onderzoek nodig.

2.6 Snelheden

Het geluidemissiegetal wordt bepaald voor snelheden vanaf 40 km/u tot een maximumsnelheid per spoorvoertuigcategorie zoals gegeven in tabel 2.10. Treinen die langzamer rijden dan 40 km/u worden in de berekeningen gemodelleerd als treinen met een snelheid van 40 km/u. Uitzondering is categorie 10 (light rail en trams), hiervoor geldt dat het geluidemissiegetal bepaald wordt vanaf 30 km/u. Voor nieuw ingemeten materieel volgens de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 geldt als maximale snelheid het maximum dat bij de metingen is meegenomen. Voor treinen wordt geen hogere snelheid ingevoerd dan de voor dat treintype geldende maximum snelheid daadwerkelijk (kunnen) rijden.

Tabel 2.10 Maximale snelheden per spoorvoertuigcategorie

Categorie	Maximale snelheid (km/u)
1	140
2	160
3	160
4	100
5	140
6	120
7	100
8	160
9	300
10	100
11	100
12	160

Voor spoorvoertuigen die niet zijn vermeld in een van de categorieën, geldt het maximum dat bij het betreffende spoorvoertuig hoort volgens de specificaties van de fabrikant.

2.7 Overstand

Het geluid van stilstaande treinen wordt berekend als de aaneensloten duur van de geluidemissie van de stilstaande trein ten minste een uur bedraagt. Het geluid wordt berekend volgens de methode voor industrielawaai (bijlage IVh). De spectrale bijdrage van overstandgeluid op een rekenpunt wordt bepaald door de bijdragen van alle stilstaande treinen logaritmisch op te tellen.

3 Standaardrekenmethode

3.1 Begrippen

bronlijn: lijn gelegen boven het hart van het spoor op een bepaalde hoogte boven de bovenkant van het spoor (BS), die de plaats van de geluidsafstraling van een (gedeelte van een) geluidemissietraject representeert; afhankelijk van het type materieel worden twee tot vijf bronlijnen onderscheiden;

bronlijnsegment: rechte verbindingslijn tussen de snijpunten van een bronlijn met de grensvlakken van een sector;

bronpunt: snijpunt van een sectorvlak met een bronlijnsegment;

openingshoek van een sector: hoek tussen de begrenzingvlakken van een sector in het horizontale vlak;

sector: ruimte begrensd door twee verticale half-vlakken waarvan de grenslijnen samenvallen met de verticaal door het waarneempunt;

sectorvlak: bissectricevlak van de twee grensvlakken van een sector;

totale openingshoek: som van de openingshoeken van alle sectoren die voor het bepalen van het equivalente geluidsniveau in dB van belang zijn;

waarneempunt: punt waarvoor het equivalente geluidsniveau in dB, het L_{Aeq} , moet worden bepaald; als deze bepaling dient ter vaststelling van de geluidbelasting van een gevel dan ligt dit punt in het betrokken gevelvlak;

zichthoek: hoek waaronder een object (gevel, scherm, baanvak en dergelijke) in horizontale projectie wordt gezien vanuit het waarneempunt.

3.2 De hoofdformule

Het equivalent geluidniveau in dB, het L_{Aeq} , wordt berekend volgens de formule:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \sum_{i=1}^8 \left(10^{(10 \lg \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N 10^{\Delta L_{eq,i,j,n}/10})/10} + 10^{L_{overstand,i}/10} \right) \quad (3.1a)$$

Waarbij:

$\Delta L_{eq,i,j,n}$ de bijdrage is aan het L_{Aeq} in één octaafbandindex (index i), van één sector (index j) en van één bronpunt (index n); en

$L_{overstand,i}$ de, volgens bijlage IVh berekende, bijdrage van de overstand is voor octaafband index i .

$\Delta L_{eq,i,j,n}$ wordt samengesteld uit de volgende termen:

$$\cancel{L_{eq,i,j,n}} = \cancel{L_E + \Delta L_{GU} - \Delta L_{OD} - \Delta L_{SW} - \Delta L_R - 58,6} \quad L_{eq,i,j,n} = L_E + \Delta L_{GU} - \Delta L_{OD} - \Delta L_{SW} - \Delta L_R - 58,6 \quad (3.1b)$$

waarin:

$L_E, \dots$: de geluidemissiegetallen per bronhoogte en per octaafband, bepaald volgens hoofdstuk 3;

ΔL_{GU} : de geometrische uitbreidingsterm (paragraaf 3.4);

ΔL_{OD} : de overdrachtsverzwakking (paragraaf 3.5);

ΔL_{SW} : de schermwerking, voor zover van toepassing (paragraaf 3.6);

ΔL_R : de niveaureductie ten gevolge van reflecties, als dit van toepassing is (paragraaf 3.9).

Er wordt gesommeerd over de octaafbanden met de nominale middenfrequenties 63, 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 4.000 en 8.000 Hz.

De sectorindeling is zo dat de geometrie en een geluidemissietraject in een sector goed worden beschreven met de geometrie in het sectorvlak. Hierbij wordt uitgegaan van een vaste openingshoek. Deze openingshoek is 2°. De hoeken van de sectorvlakken worden bepaald door de even hoeken in een windroos (0°, 2°, 4°, etcetera). Bij bronnen met een afmeting kleiner dan een sectorhoek wordt afgeweken van deze sectorindeling (zie paragraaf 3.4).

Het aantal bronpunten, N , binnen een sector wordt bepaald door het aantal keer dat het betrokken sectorvlak een bronlijn (segment) snijdt.

3.3 Modelleren van de situatie

3.3.1 Bronlijnen

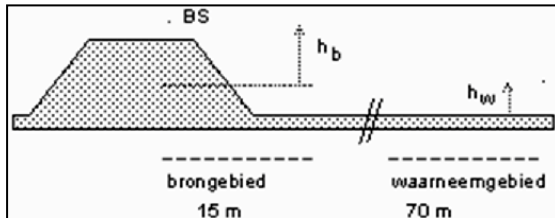
Bij het modelleren van geometrische gegevens is het uitgangspunt voor verticale maten de bovenkant van het spoor (BS) en voor horizontale maten het hart van het spoor. De lijnen die op het hart van het spoor lopen met verschillende hoogten boven de bovenkant van het spoor (BS) zijn in de modellering de bronlijnen. Voor de meeste spoorvoertuigcategorieën zijn er twee bronlijnen op 0 cm en op 0,5 m boven de bovenkant van het spoor (BS). Voor spoorvoertuigcategorie 9 zijn er vijf bronlijnen op 0 m, 0,5 m, 2,0 m, 4,0 m en 5,0 m boven de bovenkant van het spoor (BS).

3.3.2 Bodemgesteldheid

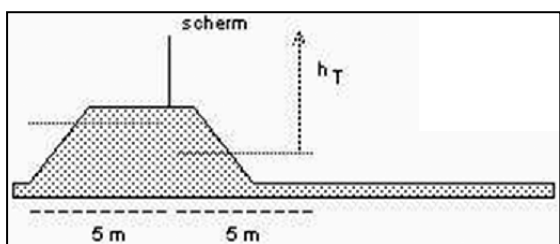
De bodemgesteldheid wordt verdeeld in twee groepen, te weten akoestisch hard en niet hard. Onder akoestisch hard ($B=0$) wordt verstaan: klinkers, asfalt, beton, andere bodemverhardingen, wateroppervlakken en dergelijke. Als akoestisch niet hard ($B=1$) gelden: ballastbed, grasland, landbouwgrond met of zonder gewas, zandvlakten, bodem zonder vegetatie en dergelijke.

3.3.3 Hoogteverschillen in bodem

De hoogte van bronnen, objecten en waarneempunten is gedefinieerd ten opzichte van de gemiddelde hoogte van het plaatselijk maaiveld. Deze gemiddelde hoogte wordt bepaald uit de doorsnede in het beschouwde sectorvlak als een (oppervlakte) gemiddelde over een aangegeven horizontale afstand. Zo geldt voor de bron de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied en voor een scherm de gemiddelde maaiveldhoogte binnen 5 m vanaf het equivalente scherm. In de figuren 3.1 en 3.2 is dit geïllustreerd.

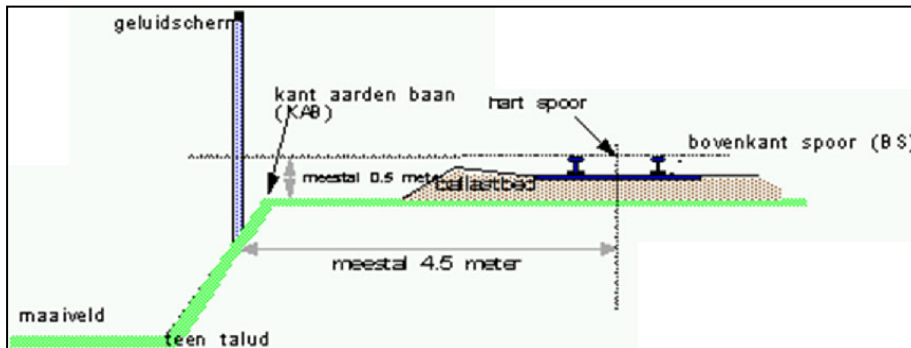


Figuur 3.1 Hoogten ten opzichte van gemiddeld plaatselijk maaiveld. Door de verhoogde baan ligt het gemiddelde maaiveld in het brongebied iets boven het maaiveld naast het talud.



Figuur 3.2 Scherm op een verhoogde baan; het gemiddelde maaiveld links is wat lager dan de bovenzijde en rechts wat hoger dan naast het talud. De situatie rechts is bepalend voor h_r .

3.3.4 Standaard talud



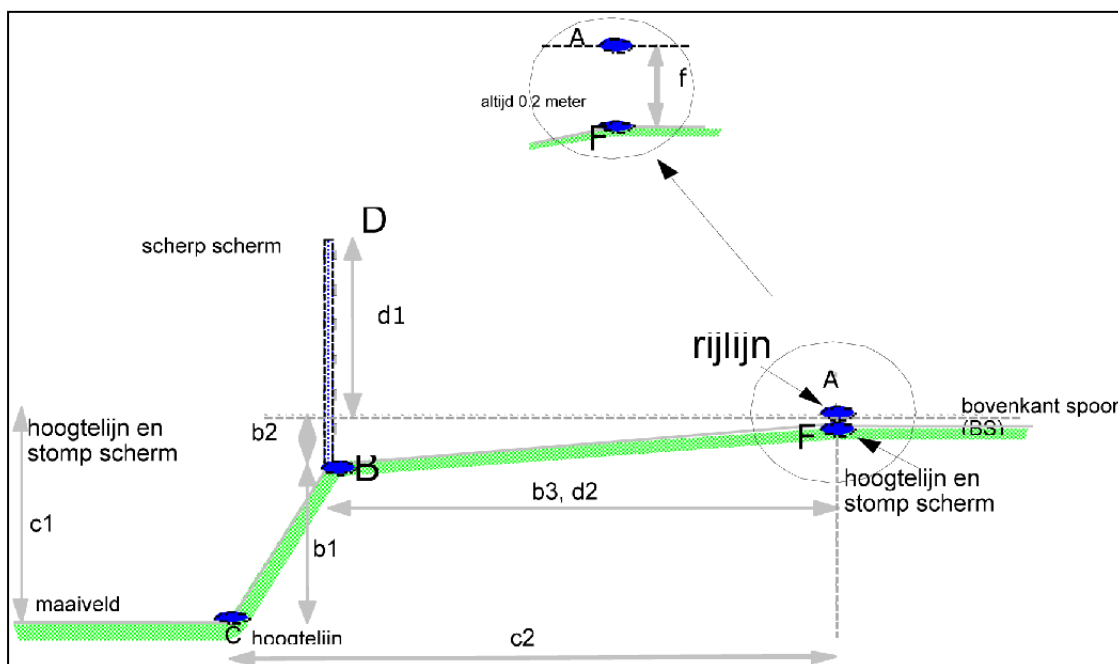
Figuur 3.3 Dwarsdoorsnede van een standaard talud.

Figuur 3.3 geeft een dwarsdoorsnede van een deel van een spoortalud in werkelijkheid weer. In figuur 3.4 is de modellering ervan weergegeven. Bij het modelleren gelden de volgende regels:

- centraal in de modellering staat de bronlijn; voor elk spoor wordt een bronlijn midden tussen de spoorstaven in gemodelleerd (de afstand tussen de twee spoorstaven bedraagt 1,42 m);
- elke bronlijn (A) wordt op de hoogte van de werkelijke bovenkant van het spoor (BS) gemodelleerd;
- op 0,2 m recht onder elke bronlijn wordt een hoogtelijn en een daaraan gekoppeld een stomp scherm $C_p=2$ dB (F) gemodelleerd (het absorberende ballastbed ligt op 0,2 m onder BS);
- de kant aarden baan (KAB) wordt als hoogtelijn met daaraan gekoppeld een stomp geluidsscherm (B) op werkelijke hoogte ten opzichte van BS (b_1) en van maaiveld (b_2) en op 4,5 m (b_3) naast de naastliggende bronlijn gemodelleerd; alleen als de werkelijke afstand tussen het hart van het spoor en de KAB meer dan 1 m verschilt van de hiervoor genoemde 4,5 m wordt voor b_3 de deze werkelijke afstand gemodelleerd (meestal zal de

afwijking echter minder dan 1 m bedragen en meestal zal de KAB op 0,5 m onder BS liggen);

- een eventueel aanwezig geluidsscherp op de rand van het talud wordt gemodelleerd als (scherp) scherm (D) op werkelijke hoogte ten opzichte van BS ($d1$) en op werkelijke afstand van het hart van het spoor ($d2$); (geluidsschermen zijn meestal op 4,5 of 4,75 m uit het hart van het spoor geplaatst);
- de teen van het talud wordt als hoogtelijn (C) op de hoogte van het werkelijke maaiveld ten opzichte van BS ($c1$) en op de werkelijke afstand van het hart van het spoor ($c2$) gemodelleerd;
- kies voor de helling van het talud een verhouding 1:1,5. De kant aarden baan is de lijn waar het vlakke deel van het talud overgaat in een helling; deze ligt per definitie op 4,5 m van de naastliggende bronlijn;
- de kant aarden baan is een stomp, absorberend scherm ($C_p = 2$ dB);
- bij een ballastbed is het bodemvlak voor het gehele horizontale deel van het talud absorberend ($B=1$), tenzij de daadwerkelijk harde delen van dit gebied breder zijn dan 1 m.



Figuur 3.4 Modellering van de dwarsdoorsnede van een standaard talud.

Als de werkelijke horizontale afstanden van het talud (andere taludbreedte, andere helling) meer dan 0,5 m afwijken van dit standaard talud, hanteer dan op overeenstemmende wijze de werkelijke afstanden.

3.3.5 Overwegen

Modelleer het deel van de spoorweg waarin zich een overweg bevindt met de betrokken bovenbouwconstructie en een hard bodembegrensd.

3.3.6 Tunnelbakken

Modelleer de hoogte van de wanden van open tunnelbakken, de lokale maaiveldhoogte en de afstanden in overeenstemming met de werkelijkheid en de bodem van de tunnelbak 0,2 m onder de bovenkant van het spoor (BS). Modelleer de wanden als absorberende schermen met een scherpe tophoek ($C_p = 0$ dB). De bovenbouwcorrectie volgt uit de toegepaste bovenbouwconstructie.

Bij een open tunnelbak met geluidsabsorberende wanden (zie paragraaf 3.3.10) bevinden de bronlijnen zich op de voorgeschreven hoogten ten opzichte van BS.

Bij een open tunnelbak zonder geluidsabsorberend beklede wanden worden de bronlijnen die lager liggen dan de bovenrand van de tunnelbak op de hoogte van die rand gemodelleerd of zoveel lager als de hoogte van het dak van het spoorvoertuig. Dit betekent in de praktijk een maximale verhoging met 4,0 m.

Over het traject van de tunnel zelf worden geen bronlijnen gemodelleerd.

3.3.7 Geluidsschermen en afschermdende objecten

Om als afschermdend object te worden aangemerkt moet het object:

- voldoende geluidsisolatie hebben, dat wil zeggen dat de isolatie 10 dB hoger is dan de afschermdende werking (een massa van 40 kg/m² is in ieder geval voldoende) en er bevinden zich geen grote kieren en openingen in het object;
- een zichthoek hebben die ten minste gelijk is aan de openingshoek van de beschouwde sector.

Geluidsschermen nabij het spoor zijn aan de spoorzijde bij voorkeur geluidsabsorberend uitgevoerd. In paragraaf 3.3.10 is beschreven wanneer een scherm als geluidsabsorberend kan worden aangemerkt.

Voor berekening van de effecten van geluidsschermen wordt bij de modellering met de octaafbandrekenmethode altijd uitgegaan van een 100% absorberend scherm. Reflecterende of deels reflecterende geluidsschermen nabij het spoor worden ook als geluidsabsorberende schermen gemodelleerd met een nader bepaalde effectieve hoogte. De te modelleren effectieve hoogte van het scherm boven de bovenkant van het spoor (BS) wordt als volgt bepaald:

$$h_{s,eff} = h_s h_{s,eff} = h_s \quad (3.2)$$

of:

$$h_{s,eff} = h_s (1 + a) / 2 \quad h_{s,eff} = h_s (1 + a) / 2 \quad (3.3)$$

Hierin is:

$h_{s,eff}$: effectieve schermhoogte ten opzichte van BS t.b.v. de modellering;

h_s : werkelijke hoogte van het geluidsscherm ten opzichte van BS;

a : fractie van het scherm dat geluidsabsorberend is uitgevoerd.

Formule 3.2 is toepasbaar voor:

- geheel absorberende schermen;
- (deels) reflecterende rechte schermen die hellend naar de baan toe zijn geplaatst onder een hoek van ten minste 15° bij het spoor op ballastbed. Als het spoor niet op een ballastbed is uitgevoerd, wordt in het overdrachtsgebied tussen de bron en het scherm een zelfde hoeveelheid geluidsabsorptie bewerkstelligd als bij een spoor op een ballastbed optreedt. Voorwaarde hierbij is dat aan de overzijde van het spoor geen reflecterend scherm is geplaatst.

Formule 3.3 is toepasbaar voor:

- alle overige situaties met geheel of gedeeltelijk geluidsreflecterende schermen. Deze benadering is conservatief.

De feitelijke schermwerking is waarschijnlijk geringer dan zou worden berekend voor schermen die hoger zijn dan 4,0 m ten opzichte van BS. Voor deze schermen wordt een nader onderzoek verricht.

Een scherm wordt altijd gemodelleerd alsof het recht is en verticaal staat, ook als het in werkelijkheid bijvoorbeeld gekromd is uitgevoerd, of scheef wordt geplaatst. De bovenkant van het geluidsscherm in het model wordt gelegd op de positie van de diffractierand van het werkelijke

scherm. Vervolgens wordt de bovenbeschreven methode toegepast voor het bepalen van de effectieve schermhoogte.

3.3.8 Perrons

De perronhoogte bij het hoofdspoor is 0,8 m boven bovenkant van het spoor (BS). Modelleer perrons met twee absorberende stompe schermen ter plaatse van de randen van het perron, waarbij de rand nabij het spoor zich op 2,0 m afstand uit het hart van het spoor bevindt. Voor het scherm nabij het spoor wordt de bodem onder het spoor ($-0,2$ m BS) als plaatselijke maaiveldhoogte gehanteerd. De toe te passen profielafhankelijke correctieterm C_p voor elk van de schermen is afhankelijk van het al dan niet aanwezig zijn van een geluidsabsorberende bekleding (zie tabellen 3.4 en 3.3.10). Perrons die aan beide zijden open zijn (dat wil zeggen: geen zijwanden aan spoorzijde en buitenzijde) worden niet als scherm gemodelleerd. Perrons die alleen aan de spoorzijde open zijn, kunnen als geluidsabsorberend worden aangemerkt. Perrons voor treinen met een lage instap (bijvoorbeeld lage-vloertrams) worden met de werkelijke hoogte gemodelleerd.

3.3.9 Kunstwerken

Modelleer de hoogten en afstanden bij kunstwerken in overeenstemming met de werkelijkheid. Kies het type bovenbouwconstructie in overeenstemming met paragraaf 2.5.

Bij ontbreken van absorptie op het kunstwerk wordt het gehele brugdek als hard bodemgebied gemodelleerd. Bij spoor op ballast bed of een volgestort spoor met ten minste 15 cm ballast wordt het gehele brugdek als absorberend bodemgebied gemodelleerd, tenzij harde delen van het brugdek breder zijn dan 1 m. Dan worden die delen als hard bodemgebied gemodelleerd. Bij stalen bruggen wordt het brugdeel als absorberend bodemgebied gemodelleerd.

Modelleer bij plaatbruggen, TT-liggerbruggen en kokerliggerbruggen de rand van de brug als absorberend stomp scherm (zie tabel 3.4 en paragraaf 3.3.10).

Modelleer bij trogliggerbruggen en bij een M-baanconstructie de rand met twee absorberende stompe schermen ter plaatse van de beide zijden van de rand. Voor het scherm nabij het spoor wordt de bodem onder het spoor ($-0,2$ m BS) als plaatselijke maaiveldhoogte gehanteerd. De toe te passen profielafhankelijke correctieterm C_p voor elk van de schermen is afhankelijk van het al dan niet aanwezig zijn van geluidsabsorberende bekleding (zie tabel 3.4 en paragraaf 3.3.10).

Bij betonnen kunstwerken kunnen schermen op het kunstwerk tot een hoogte van 2,0 m boven de bovenkant van het spoor (BS) in overeenstemming met de uitvoering van die schermen worden gemodelleerd.

Bij hogere schermen kan de directe geluidsafstraling van het kunstwerk een dusdanige bijdrage gaan leveren dat berekeningen niet zonder meer mogelijk zijn en een nader akoestisch onderzoek nodig is.

Bij stalen bruggen met schermen kan het effect van de schermen niet worden berekend, maar wordt de brugtoeslag bepaald voor de brug met scherm.

3.3.10 Geluidsabsorberende uitvoering

Bekleding of uitvoering van objecten als schermen, perrons en tunnelwanden is als geluidsabsorberend te beschouwen als de spoor specifieke absorptie groter is dan of gelijk is aan 5 dB. Zie voor de bepaling van deze absorptie paragraaf 3.7.

3.3.11 Reflecties

Als zich binnen een sector objecten met een verticaal, hard oppervlak bevinden, die voldoen aan de hieronder gestelde voorwaarden, dan wordt het L_{Aeq} ook bepaald door het geluid dat via reflecties het waarneempunt bereikt. De bijdrage van deze reflecties aan het L_{Aeq} wordt in rekening gebracht door het sectordeel dat zich, gezien vanuit het waarneempunt, achter dat reflecterend oppervlak

bevindt, te vervangen door zijn spiegelbeeld ten opzichte van het reflecterend oppervlak. Als het reflecterend oppervlak niet verticaal is, dan wordt:

- voor de bodemdemping (paragraaf 2.8) de spiegeling in het horizontale vlak uitgevoerd; de hoogtes van bronpunt en spiegelbronpunt zijn dus gelijk; en
- voor het bepalen van de schermwerking van objecten voor een overdrachtspad met een reflectie (paragraaf 2.10), wordt de spiegeling in drie dimensies uitgevoerd; de hoogten van bronpunt en spiegelbronpunt zijn dus niet noodzakelijkerwijs gelijk. De hoogte van de spiegelbron wordt bepaald door een volledige 3D-analyse van de reflectie.

Om als reflecterend oppervlak te worden aangemerkt:

- doorsnijdt het vlak, of een aaneengesloten samenstel van vlakken, de gehele sectorhoek;
- heeft het vlak een absorptiecoëfficiënt $< 0,8$; en
- staat het vlak op zodanige afstand van het spoor dat afscherming en reflectie van de passerende spoorvoertuigen kunnen worden verwaarloosd.

Als het reflecterend oppervlak uit een samenstel van vlakken bestaat wordt het vlak dat wordt doorsneden gebruikt voor de spiegeling van het bronpunt. Als het sectorvlak een object of samenstel van objecten precies op de grens tussen twee vlakken/objecten doorsnijdt, wordt het bronpunt gespiegeld in het vlak dat het meest haaks staat op het sectorvlak.

Nader onderzoek naar de invloed van reflecties op het L_{Aeq} is vereist als:

- het reflecterend oppervlak oneffenheden bevat waarvan de afmetingen van dezelfde orde van grootte zijn als de afstand van het vlak tot het waarneempunt of de afstand van het vlak tot het bronpunt.

Bij de berekeningen wordt standaard uitgegaan van één reflectie. Bij berekeningen met meervoudige reflecties wordt de spiegeling herhaald toegepast.

3.4 De geometrische uitbreidingsterm ΔL_{GU}

Voor de berekening van de geometrische uitbreidingsterm zijn de volgende gegevens nodig:

r : de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn (m);

Θ : de hoek die het sectorvlak maakt met het bronlijnsegment (in graden);

Φ : de openingshoek van de sector (in graden).

Voor bronnen met een afmeting groter dan een sectorhoek worden de hoeken Θ en Φ bepaald op basis van het vlak gevormd door het waarneempunt en de snijpunten van de sectorgrensvlakken met de bron. Als het eindpunt van een bron binnen een sector valt, wordt het eindpunt van de bron genomen als snijpunt om de hoek Φ te bepalen. Als een bronlijnsegment doorloopt tot de volgende sectorhoek, maar daar niet dat volgende sectorvlak doorsnijdt, wordt het eindpunt van dat segment genomen om de hoeken Φ te bepalen. Bronnen (met een afmeting groter dan een sectorhoek) hebben geen bijdrage in een sectorhoek als er geen snijpunt is tussen sectorvlak en bron.

Voor bronnen met een afmeting kleiner dan een sectorhoek wordt de bijdrage van die bron berekend door uit te gaan van het midden van die bron voor de bepaling van het sectorvlak. Het begin- en eindpunt van de bron wordt gebruikt voor de bepaling van de hoek Φ .

De berekening van ΔL_{GU} verloopt als volgt:
voor een dipooluitbreiding:

$$\Delta L_{GU} = 10 \lg \left(\frac{\Phi}{r \sin \Theta} \cdot \sin \Theta^2 \right) \quad (3.4a)$$

voor een monopooluitbreiding:

$$\Delta L_{GU} = 10 \lg \left(\frac{\Phi}{r \sin \theta} \right) \quad (3.4b)$$

De dipooluitbreiding wordt gebruikt voor de uitbreiding van het rolgeluid, terwijl in specifieke gevallen, zoals bij de uitbreiding van het kunstwerkaandeel van een brug, de monopooluitbreiding wordt gebruikt. Zie paragraaf 4.2.

Als de hoek θ een waarde aanneemt die gelijk is aan 0, is nader onderzoek vereist ter bepaling van ΔL_{GU} .

3.5 De overdrachtsverzwakking ΔL_{OD}

De overdrachtsverzwakking ΔL_{OD} is samengesteld uit de volgende termen:

$$\Delta L_{OD} = D_L + D_B + C_M \Delta L_{OD} = D_L + D_B + C_M \quad (3.5)$$

waarin D_L de verzwakking door absorptie in de lucht voorstelt, D_B de verzwakking ten gevolge van de bodeminvloed en C_M de meteocorrectieterm van de te beschouwen periode ($C_M = C_d$ voor de dagperiode, $C_M = C_{en}$ voor de avond- en nachtperiode):

3.5.1 De luchtdemping D_L

Voor de berekening van D_L is het volgende gegeven nodig:

r : de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn (m).

De berekening verloopt als volgt:

$$D_L = r \delta_{lucht} \quad D_L = r \delta_{lucht} \quad (3.6)$$

waarbij δ_{lucht} de luchtdempingscoëfficiënt is. De waarde van δ_{lucht} wordt gegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1 De luchtdempingscoëfficiënt δ_{lucht} als functie van de octaafbandindex (i)

Octaafbandindex	Octaafband middenfrequentie (Hz)	δ_{lucht} (dB/m)
1	63	0
2	125	0
3	250	0,001
4	500	0,002
5	1.000	0,004
6	2.000	0,010
7	4.000	0,023
8	8.000	0,058

3.5.2 De bodemdemping D_B

Bij de bepaling van de bodemdemping D_B wordt de horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt (symbool r_o) verdeeld in drie afzonderlijke delen: een brongebied, een waarneembied en een middengebied.

Het brongebied heeft een lengte van 15 m, de lengte van het waarneembied bedraagt 70 m. Het resterende gedeelte van de afstand r_o tussen bron- en waarneempunt is het middengebied.

Als de afstand r_o kleiner is dan 85 m, is de lengte van het middengebied nihil.

Als de afstand r_o kleiner is dan 70 m, is de lengte van het waarneembied gelijk aan de afstand r_o .

Als de afstand r_o kleiner is dan 15 m, is de lengte van het brongebied en de lengte van het waarneembied elk gelijk aan de afstand r_o .

Voor elk van de drie gebieden wordt de (bodem)absorptiefractie vastgesteld.

De absorptiefractie is het quotiënt van de lengte van het betreffende gebied dat niet akoestisch hard is en de totale lengte van het betreffende gebied. Als de lengte van het middengebied nihil is, wordt de absorptiefractie op één gesteld.

Voor de berekening van de bodemdemping zijn de volgende gegevens nodig:

r_o : de horizontaal gemeten afstand tussen bron en waarneempunt [m];

h_b : de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m];

h_w : de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneembied [m];

B_b : de absorptiefractie van het brongebied;

B_m : de absorptiefractie van het middengebied;

B_w : de absorptiefractie van het waarneembied;

S_w : effectiviteit van de bodemdemping in het waarneembied;

S_b : effectiviteit van de bodemdemping in het brongebied.

Als h_b kleiner is dan nul, wordt voor h_b de waarde nul aangehouden; hetzelfde geldt voor h_w . Als in de betrokken sector geen afscherming in rekening wordt gebracht, geldt dat S_w en S_b beide de waarde één aannemen. In geval van afscherming worden S_w en S_b berekend volgens de formules 3.11a en 3.11b in paragraaf 3.6.

De berekening verloopt volgens de formules 3.7a tot en met 3.7h als gegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2 De formules 3.7a tot en met 3.7h voor de bepaling van bodemdemping D_b als functie van de octaafbandindex (i)¹

Octaafbandindex	Octaafbandmiddenfrequentie [Hz]	Bodemdemping D_B [dB]
1	63	$-3\gamma_o(h_b+h_w,r_o) - 6$
2	125	$[S_b\gamma_2(h_b,r_o)+1]B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o) + [S_w\gamma_2(h_w,r_o)+1]B_w - 2$
3	250	$[S_b\gamma_3(h_b,r_o)+1]B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o) + [S_w\gamma_3(h_w,r_o)+1]B_w - 2$
4	500	$[S_b\gamma_4(h_b,r_o)+1]B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o) + [S_w\gamma_4(h_w,r_o)+1]B_w - 2$
5	1.000	$[S_b\gamma_5(h_b,r_o)+1]B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o) + [S_w\gamma_5(h_w,r_o)+1]B_w - 2$
6	2.000	$B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o) + B_w - 2$
7	4.000	$B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o) + B_w - 2$
8	8.000	$B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o) + B_w - 2$

¹ De cursief gedrukte symbolen vormen de waarden die voor de variabelen x en y moeten worden vervangen in de functie (x,y).

De functies γ zijn als volgt gedefinieerd:

$$\gamma_0(x, y) = 1 - 30 \frac{x}{y} \quad \text{voor } y \geq 30x; y \geq 30x \quad (3.8a)$$

$$\gamma_0(x, y) = 0 \quad \text{voor } y < 30x; y < 30x$$

$$\gamma_2(x, y) = 3,0[1 - e^{-y/50}]e^{-0,12(x-5)^2} + 5,7[1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6}y^2}]e^{-0,09x^2} \quad (3.8b)$$

$$\gamma_3(x, y) = 8,6[1 - e^{-y/50}]e^{-0,09x^2} \quad (3.8c)$$

$$\gamma_4(x, y) = 14,0[1 - e^{-y/50}]e^{-0,46x^2} \quad (3.8d)$$

$$\gamma_5(x, y) = 5,0[1 - e^{-y/50}]e^{-0,90x^2} \quad (3.8e)$$

Voor de variabelen x en y worden de waarden van de grootheden vervangen die tussen haakjes achter de gelijklopende functies uit de formules 3.7a tot en met 3.7h zijn geplaatst (in cursief).

3.5.3 De meteocorrectieterm C_M

Voor de berekening van de meteocorrectieterm C_M zijn de volgende gegevens nodig:

r_0 : de horizontaal gemeten afstand tussen (spiegel)bron en (spiegel)waarneempunt [m];
 ζ : de hoek van de voortplantingsrichting (0° is van noord naar zuid, 90° is oost naar west, etcetera)
 h_b : de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m]; en
 h_w : de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneembied [m].

Als h_b en/of h_w kleiner is dan nul, wordt voor h_b respectievelijk h_w de waarde nul aangehouden.

Op basis van bovenstaande gegevens wordt de meteocorrectie bepaald voor de dagperiode (C_d) of voor de avond- en nachtperiode (C_{en}) volgens de formules:

$$C_d = \max \left\{ (-10 \cdot \lg(0,34 - 0,1 \cdot \sin(\zeta + 35) + 0,045 \cdot \sin^2(\zeta + 35)) - 0,67) \cdot \left(1 - 10 \cdot \frac{h_b + h_w}{r} \right); 0 \right\} \quad (3.9a)$$

$$C_{en} = \max \left\{ (-10 \cdot \lg(0,40 - 0,1 \cdot \sin(\zeta + 60) + 0,035 \cdot \sin^2(\zeta + 60)) - 0,67) \cdot \left(1 - 10 \cdot \frac{h_b + h_w}{r} \right); 0 \right\} \quad (3.9b)$$

3.6 De schermwerking ΔL_{sw} met de termen S_w en S_b uit de bodemdempingsformules 3.7a tot en met 3.7h

Als zich binnen een sector objecten bevinden waarvan de zichthoek ten minste samenvalt met de openingshoek van de betrokken sector en waarvan daarnaast in redelijkheid is te verwachten dat die de geluidsoverdracht zullen belemmeren, wordt de schermwerking ΔL_{sw} samen met een verminderde bodemdemping (vervat in de termen S_w en S_b uit formule 3.7) in rekening gebracht.

De berekeningsformule van de afscherming van een willekeurig gevormd object bevat twee termen.

De eerste term beschrijft de afscherming van een equivalent ideaal scherm (een dun, verticaal vlak). De hoogte van het equivalente scherm is gelijk aan de grootste hoogte van het obstakel. De bovenrand van het equivalente scherm valt samen met de bovenrand van het object. Als op grond hiervan meerdere locaties van het equivalente scherm mogelijk zijn, wordt hieruit die locatie gekozen die maximale schermwerking tot gevolg heeft.

De tweede term is alleen van belang als het profiel, dat wil zeggen de doorsnede in het sectorvlak,

van het afschermende object afwijkt van dat van het ideale scherm. De afscherming van het object is gelijk aan de afscherming van het equivalente scherm verminderd met een profielafhankelijke correctieterm C_p .

Als er meerdere afschermende objecten in een sector aanwezig zijn, wordt alleen het object in rekening gebracht dat, bij afwezigheid van de andere objecten, de grootste afscherming zou geven.

Voor de berekening van de afschermende effecten zijn de volgende gegevens nodig:

z_b : de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil (= horizontaal vlak, waarin $z = 0$) [m];

z_w : de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil [m];

z_T : de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil [m];

h_b : de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte van het brongebied [m];

h_w : de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneembeid [m];

h_T : de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van de gemiddelde maaiveldhoogte binnen een strook van 5 m vanaf het scherm. Als de maaiveldhoogte aan beide zijden van de afscherming verschillend is: de grootste waarde van h_T [m];

r : de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn [m];

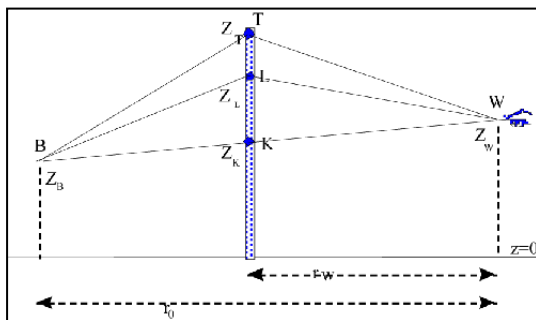
r_w : de horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm [m];

r_o : de horizontaal gemeten afstand tussen waarneem- en bronpunt [m];

–: het profiel van het afschermend object.

Berekend wordt:

- de verminderde bodemdemping zoals verdisconteerd in de factoren S_w en S_b uit formules 3.7a tot en met 3.7h van paragraaf 3.5.2;
- de schermwerking ΔL_{SW} .



Figuur 3.5 Een sectorvlak met een ideaal scherm, waarop de punten K, T en L zijn aangegeven.

Voor de berekening wordt op het scherm een drietal punten gedefinieerd (zie figuur 3.5):

- K: het snijpunt van het scherm met de zichtlijn (= rechte tussen bron- en waarneempunt);
- L: het snijpunt van het scherm met een gekromde geluidsstraal die onder meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt;
- T: de top van het scherm.

De gebroken lijn BLW is een schematisering van de gekromde geluidsstraal onder meewindcondities.

Deze drie punten bevinden zich op de respectievelijke hoogten z_K , z_L en z_T boven het referentiepeil. Voor de afstand tussen de punten K en L geldt:

$$z_L - z_K = \frac{r_w(r_o - r_w)}{26r_o} \quad (3.10)$$

Verder geldt:

r_L is de som van de lengtes van de lijnstukken BL en LW;

r_T is de som van de lengtes van de lijnstukken BT en TW.

De factoren S_w en S_b uit formules 3.7a tot en met 3.7f worden als volgt berekend:

$$S_w = 1 - \frac{r_0 - r_w}{r_0} \frac{3h_e}{3h_e + h_w + 1} \quad \text{als } h_e < 0 \text{ dan } S_w = 1 \quad (3.11a)$$

$$S_b = 1 - \frac{r_w}{r_0} \frac{3h_e}{3h_e + h_b + 1} \quad \text{als } h_e < 0 \text{ dan } S_b = 1 \quad (3.11b)$$

waarin h_e de effectieve schermhoogte is, gedefinieerd als:

$$h_e = z_T - z_L \quad (3.12)$$

De schermwerking ΔL_{SW} wordt als volgt berekend:

$$\Delta L_{SW} = HF(N_f) + C_{s,diff} - C_p \Delta L_{SW} = HF(N_f) + C_{s,diff} - C_p \quad (3.13)$$

waarin H de effectiviteit van het scherm is, $F(N_f)$ een functie met argument N_f (het fresnelgetal).

De term $C_{s,diff}$ is de correctieterm voor een scherm met een diffractor als schermtop en C_p is de profielafhankelijke correctieterm. Als de schermwerking ΔL_{SW} op grond van formule 3.13 negatief wordt, wordt de waarde $\Delta L_{SW} = 0$ aangehouden.

De waarde van de correctieterm voor een diffractor op scherm $C_{s,diff}$ volgt uit de methode beschreven in hoofdstuk 5.

H wordt als volgt bepaald:

$$H = 0,25 h_T 2^{i-1} \quad (3.14)$$

i is hierin de octaafbandindex. De maximale waarde van H is 1.

De definitie van de functie F is gegeven in de formules 3.15a tot en met 3.15f uit tabel 3.3. De waarden van C_p volgen uit tabel 3.4.

Tabel 3.3 De definitie van de functie F met als variabele N_f voor vijf intervallen van N_f (formules 3.15a tot en met 3.15f)

Geldig in het interval van N_f		Definitie $F(N_f)$
van	tot	
$-\infty$	-0,314	0
-0,314	-0,0016	$-3,682 - 9,288 \lg N_f - 4,482 \lg^2 N_f - 1,170 \lg^3 N_f - 0,128 \lg^4 N_f $
-0,0016	+0,0016	5
+0,0016	+1,0	$12,909 + 7,495 \lg N_f + 2,612 \lg^2 N_f + 0,073 \lg^3 N_f - 0,184 \lg^4 N_f - 0,032 \lg^5 N_f$
+1,0	+16,1845	$12,909 + 10 \lg N_f$
+16,1845	$+\infty$	25

Tabel 3.4 De profielafhankelijke correctieterm C_p . T is de tophoek van de dwarsdoorsnede van het object

C_p	Object (T = tophoek in graden)
0 dB	– dunne wanden waarvan de hoek met de verticaal $\leq 20^\circ$ – grondlichaam met $0^\circ \leq T \leq 70^\circ$ – alle grondlichamen met daarop een dunne wand, als de totale constructiehoogte minder is dan tweemaal de hoogte van die wand of als de wand hoger is dan 3,5 m – alle gebouwen – bij toepassing van een diffractor op een scherm, waarvan het effect met de correctieterm $C_{S,diff}$ in rekening wordt gebracht
2 dB	– rand van aarden baan in ophoging – grondlichaam met $70^\circ \leq T \leq 165^\circ$ – alle grondlichamen met daarop een dunne wand, als de totale constructiehoogte meer bedraagt dan tweemaal de hoogte van die wand en de wand niet hoger is dan 3,5m – geluidsabsorberende¹rand aan spoorzijde van perron – rand aan niet-spoorzijde van perron – rand van baan op een viaduct of brug, anders dan trogliggerbrug of M-baan – geluidsabsorberende¹ rand aan spoorzijde van trogliggerbrug – rand aan niet-spoorzijde van trogliggerbrug – geluidsabsorberende¹ rand aan spoorzijde van M-baan – rand aan niet-spoorwegzijde van M-baan
5 dB	– rand (niet geluidsabsorberend¹) aan spoorzijde van perron – rand (niet geluidsabsorberend¹) aan spoorzijde van trogliggerbrug – rand (niet geluidsabsorberend¹) aan spoorzijde van M-baan

¹Zie paragraaf 3.3.10.

N_f wordt als volgt bepaald:

$$N_f = 0,37 \varepsilon 2^{i-1} \quad N_f = 0,37 \varepsilon 2^{i-1} \quad (3.16)$$

met ε de 'akoestische omweg', die wordt gedefinieerd als:

$$\varepsilon = r_T - r_E \quad \varepsilon = r_T - r_L \quad \text{voor } z_T \geq z_R \quad z_T \geq z_K \quad (3.17a)$$

$$\varepsilon = 2r - r_T - r_E \quad \varepsilon = 2r - r_T - r_L \quad \text{voor } z_T < z_R \quad z_T < z_K \quad (3.17b)$$

In de gevallen waarin het profiel van het afschermend object niet overeenkomt met een van de in tabel 3.4 genoemde profielen, wordt een nader onderzoek naar de schermwerking van dat object verricht.

Als de spoor specifieke geluidisolatie van de afscherming minder dan 10 dB groter is dan de berekende schermwerking ΔL_{SW} is nader onderzoek vereist naar de totale geluidsreducerende werking van de afscherming.

3.7 Bepaling spoor specifieke absorptie

De absorptiecoëfficiënten worden bepaald overeenkomstig NEN-EN-ISO 354. De bepaalde absorptiecoëfficiënten in tertsbanden worden **gewogen** gemiddeld, waarbij een gemiddeld A-gewogen tertsbandspectrum van de spoorverkeersspectra als weging wordt gebruikt, zie tabel 3.5.

Tabel 3.5 A-gewogen en op 0 dB genormeerd spectrum voor spoorverkeergeluid voor de berekening van een ééngetalswaarde in dB voor de spoor specifieke absorptie en spoor specifieke geluidisolatie van geluidsschermen.

	Spoorverkeer	
Terts	Spectrum (dB)	Spectrum (dB)
100	-16,2	-24,0
125		-21,0
160		-19,2
200	-10,0	-17,0
250		-15,0
315		-13,2
400	-6,1	-11,7
500		-10,8
630		-10,4
800	-4,9	-10,0
1.000		-9,7
1.250		-9,4
1.600	-5,0	-9,4
2.000		-9,4
2.500		-10,6
3.150	-15,0	-17,1
4.000		-21,0
5.000		-24,0

De spoor specifieke absorptie $DL_{a,rail}$ wordt bepaald volgens:

$$DL_{a,rail} = -10 \lg \left| 1 - \frac{\sum_{i=1}^{18} \alpha_{si} 10^{0,1L_i}}{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i}} \right| \quad (3.18a)$$

waarbij de ratio van de sommen niet meer dan 0,99 is.

$DL_{a,rail}$ wordt afgerond op gehele dB's en heeft een maximale waarde van 20 dB. Het eisen van een spoor specifieke absorptie met een waarde hoger dan 10 dB zal in het algemeen niet zinvol zijn.

3.8 Bepaling spoor specifieke geluidisolatie

De geluidisolatie wordt bepaald in overeenstemming met NEN-EN ISO 140-3. De bepaalde geluidisolatie R in tertsbanden worden gewogen gemiddeld, waarbij een gemiddeld A-gewogen tertsbandspectrum van spoorverkeersgeluid als weging wordt gebruikt. Zie tabel 3.5. Bij de meting wordt het gehele scherm met steunconstructies betrokken.

De spoor specifieke geluidisolatie $DL_{R,rail}$ wordt bepaald volgens:

$$DL_{R,rail} = -10 \lg \left| \frac{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i} 10^{-0,1R_i}}{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i}} \right| \quad (3.18b)$$

$DL_{R,rail}$ wordt afgerond op gehele dB's.

Bij schermen met een hoogte van 2 m boven BS bedraagt de spoorverkeers specifieke geluidisolatie ten minste 25 dB, bij 4 m hoge schermen is dat 30 dB.

3.9 De niveaureductie ten gevolge van reflecties ΔL_R

De niveaureductie die optreedt bij reflecties wordt berekend volgens de formule:

$$\Delta L_R = \Delta L_{R,abs} + \Delta L_F.$$

Hierin is:

$\Delta L_{R,abs}$ de niveaureductie als gevolg van absorptie bij de reflecties;

ΔL_F de niveaureductie als gevolg van de eindige afmetingen van de reflecterende vlakken.

Berekening van $\Delta L_{R,abs}$

Voor de berekening van de niveaureductie door de absorptie die optreedt bij reflecties zijn de volgende gegevens nodig:

N_{ref} : het aantal reflecties (zie ook paragraaf 6.3) tussen bron en waarnemerpunt [-]

-: type reflecterend object.

De berekening verloopt als volgt:

$$\Delta L_{R,abs} = N_{ref} \delta_{ref} \Delta L_{R,abs} = N_{ref} \delta_{ref} \quad (3.19)$$

waarin δ_{ref} de niveaureductie door één reflectie is. Voor gebouwen geldt voor alle octaafbanden $\delta_{ref} = -10 \lg 0,8$. Voor alle andere objecten is $\delta_{ref} = 1$ voor alle octaafbanden, tenzij het object aantoonbaar geluidsabsorberend is uitgevoerd. In dat geval geldt per octaafband $\delta_{ref} = -10 \lg (1 - \alpha)$, waarin α de geluidsabsorptiecoëfficiënt van het object is in de betrokken octaafband. N_{ref} kan ten hoogste de waarde 1 aannemen.

Berekening van ΔL_F

De berekening van ΔL_F wordt beschreven voor een enkele reflectie. Bij meer dan een reflectie moeten de niveaureducties voor de afzonderlijke reflecties bij elkaar worden opgeteld, waarbij steeds wordt uitgegaan van het geluidpad van de spiegelbron uit de voorgaande reflectie naar de waarnemer.

De niveaureductie ΔL_F wordt berekend met de volgende formule:

$$\Delta L_F = -20 \lg (S_F / S_r) \cdot \Delta L_F = -20 \lg (S_r / S_F).$$

Hierin is:

- S_F een maat voor de verticale afmeting van de Fresnelellipsoïde ter plaatse van (de voet van) het reflecterende oppervlak;
- S_r een maat voor het gedeelte van S_F dat ligt tussen de voet en de top van het reflecterende oppervlak.

De berekening van S_F en S_r bestaat uit vijf stappen, die zijn geïllustreerd in figuur 3.6.

Figuur 3.6. Illustratie van vijf stappen (1-5) voor de berekening van S_F en S_r voor reflectie aan een hellend oppervlak. Stap 1. De posities van de bron (b), waarnemer (w) en het reflecterende oppervlak (in het verticale sectorvlak) vormen het uitgangspunt van de berekening.

Stap 2. De bron wordt vervangen door de spiegelbron (b), door geometrische spiegeling in het reflecterende vlak.

Stap 3. Punten A en B op de Fresnelellipsoïde worden bepaald, op een loodrechte lijn ter plaatse van de voet van het scherm. Voor punten p op de Fresnelellipsoïde geldt $|bp| + |pw| - |bw| = \lambda/8$, waarin $\lambda = 340/f_i$ de golflengte is bij de middenfrequentie f_i van een octaafband. De waarde van S_F is gelijk aan $|AB|$.

Stap 4. Punten A en B worden omhoog verschoven over afstand $\delta z = r_b r_w / [26(r_b + r_w)]$ door de invloed van straalkromming. Hierin zijn r_b en r_w de horizontale afstanden tussen b respectievelijk w en de voet van het scherm.

Stap 5. De afmeting S_r wordt berekend als de hoogte van het gedeelte van het verticale lijnstuk tussen A en B dat ligt tussen top en voet van het reflecterende oppervlak.

De waarden van S_F en S_r worden aldus berekend voor alle acht octaafbanden, van 63 Hz ($i=1$) tot en met 8 kHz ($i=8$). Op het resulterende spectrum $\Delta L_F(f_i)$ wordt een correctie toegepast. Beginnend bij 63 Hz ($i=1$) wordt bij toenemende frequentie een bovengrens van 3 dB per octaafband opgelegd op het verschil $\Delta L_F(f_{i+1}) - \Delta L_F(f_i)$. Dus voor successievelijk $i = 1, \dots, 8$ wordt $\Delta L_F(f_{i+1})$ vervangen door de kleinste van de volgende waarden:

- $\Delta L_F(f_{i+1})$;
- $\Delta L_F(f_i) + 3$.

Als geldt $\Delta L_F(f_1) = \infty$, dan worden alle waarden $\Delta L_F(f_i)$ gelijkgesteld aan ∞ . De reflectie kan dan worden verwaarloosd.

3.10 Het octaafbandspectrum van het equivalente geluidniveau

Het A gewogen equivalente geluidsniveau in octaafbandindex i , symbool $L_{eq,i}$, wordt gegeven door:

$$L_{eq,i} = 10 \lg \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N 10^{\frac{\Delta L_{eq,i,j,n}}{10}} \quad (3.20)$$

waarin de betekenis van de grootheden en de uitwerking ervan analoog zijn aan die van formule 3.1a.

4 Meetmethoden

4.1 Standaardmeetmethode

Voor het bepalen van de geluidbelasting met behulp van metingen wordt de aanpak voor L_{den} -metingen gevolgd van de norm NEN-ISO 1996-2:2017, hierna te noemen 'de norm'. Voor de metingen kunnen drie soorten situaties worden onderscheiden:

1. Een situatie die *binnen* het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. Dat wil zeggen dat de situatie berekend kan worden met de formules uit de standaardrekenmethode. In dat geval kan een gemeten L_{den} worden gebruikt om de geluidbelasting te valideren die met de standaardrekenmethode voor de betrokken locatie wordt vastgesteld. Een gemeten L_{den} kan daarmee inzicht bieden in de kwaliteit en betrouwbaarheid van de rekenmethode, mits de metingen ook zelf van voldoende kwaliteit zijn en mits de totale meetonzekerheid correct is bepaald en op navolgbare wijze gerapporteerd. Een gemeten L_{den} kan in deze situatie geen zelfstandige juridische status hebben als 'geluidbelasting' die wordt getoetst aan geluidnormen.
2. Een situatie die *gedeeltelijk binnen en gedeeltelijk buiten* het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. In dat geval kan het nuttig zijn om metingen uit te voeren ter verbetering van de rekenmethode of om de meetresultaten te gebruiken om rekenresultaten mee te corrigeren. De gehanteerde methode moet worden onderbouwd en moet geschikt zijn voor de specifieke situatie.
3. Een situatie die volledig buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. In dat geval kan het noodzakelijk zijn om de geluidbelasting vast te stellen op basis van metingen.

Naast metingen kunnen, met inachtneming van de onder 1, 2 en 3 genoemde criteria, ook alternatieve reken- of meetmethoden worden gebruikt, als een situatie geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt.

Onder zekere voorwaarden kan van de voorgeschreven werkwijze uit de norm worden afgeweken en kan een eenvoudige methode worden gebruikt. Deze eenvoudige methode is alleen toegestaan voor metingen als bedoeld bij punt 1.

Voor situaties (gedeeltelijk) buiten het toepassingsgebied (punt 2 en 3) is een vereenvoudiging niet aan de orde, omdat dit bijzondere situaties zijn waarvoor per geval naar de meest geschikte mogelijkheden wordt gekeken om een representatieve geluidbelasting te bepalen. Daarbij worden de uitgangspunten van paragraaf 4.1.3 gehanteerd.

4.1.1 Voorwaarden eenvoudige meetmethode

Voor de meetafstand en meethoogte wordt uitgegaan van een afstand die de invloed van de meteo-condities en bodemreflecties op de meetonzekerheid zo klein mogelijk maakt. De locatie moet zo worden gekozen dat er geen beïnvloeding is van andere of kruisende (spoor)wegen of gevelreflecties.

Om volgens de eenvoudige meetmethode een L_{den} te bepalen, moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

- A) Voor de meetafstand D tot de spoorweg geldt: $D \leq 20 (h_s + h_r)$, waarbij h_s de bronhoogte is (*source*) en h_r de meethoogte (*receiver*). De bronhoogte is de hoogte van het spoor boven maaiveld, vermeerderd met 0,25 m. Voor de meethoogte geldt: $h_r \geq 4$ m.
- B) Het gaat om één afzonderlijke spoorweg, met een of meer sporen.
- C) Er zijn geen reflecterende objecten binnen een afstand $2D$ tot de microfoon.
- D) De meetgegevens (verstoorde uren niet meegeteld) hebben betrekking op:
 - ten minste 720 daguren, 240 avonduren en 480 nachturen;
 - vallend binnen één dienstregelingsjaar;
 - met een gelijke verdeling over de weekdays (elke weekday heeft tussen 12% en 17% van het totaal aantal uren);
 - waarbij de optreedfrequentie voor de vier meteoklassen ten minste de helft bedraagt van de langtijdgemiddelde optreedfrequentie (zie tabel 4.3);
 - waarbij de temperatuur T gemiddeld over de gehele meetperiode tussen 5 en 15°C ligt; en
 - de relatieve luchtvochtigheid RH gemiddeld over de gehele meetperiode tussen 70 en 90% ligt.
- E) Voor de meetapparatuur geldt: IEC-klasse 2 is toegelaten, mits het bronspectrum naar verwachting breedbandig is (geen tonaal geluid, geen excessief laag- of hoogfrequent geluid, bij twijfel wordt IEC klasse 1 gebruikt; windbol is vereist; meting van ten minste 1 L_{eq} -waarde per seconde (A-gewogen equivalente geluidniveau), of 1 L_E -waarde per event (A-gewogen geluidexpositieniveau). IJking vindt plaats vooraf, achteraf en tussendoor ten minste eens per drie maanden. Verschillen tussen de ijkingen zijn niet groter dan 0,5 dB voor IEC-klasse 1 en 1,5 dB voor IEC-klasse 2 geluidmeters. Als grotere verschillen optreden, worden die in de meetonzekerheid verdisconteerd.

Als aan de criteria onder D niet wordt voldaan, moet de meetperiode worden verlengd.

De metingen worden uitgevoerd volgens de werkwijze van paragraaf 4.1.2.

4.1.2 Werkwijze eenvoudige meetmethode

Residueel geluid

De microfoon wordt met zijn gevoeligste richting omhoog georiënteerd. De meetpositie, de omgeving, de meetperiode en apparatuur moeten voldoen aan de voorwaarden uit paragraaf 4.1.1. Meetwaarden (L_{eq} per seconde of L_E per event) waarbij kortstondig, dat wil zeggen enkele seconden of minuten, verstoring plaatsvindt door residueel geluid, worden buiten de bepaling van de uurgemiddelden gehouden. Herkenning van versturende geluiden kan gebeuren op basis van spectrale of temporele kenmerken (fluitende vogels, vliegtuigen, sirenatest luchtalarm, tikkende vlaggenmasten, vuurwerk, en dergelijke).

De overige meetwaarden worden verwerkt tot uurwaarden, dat wil zeggen uurgemiddelde A-gewogen ruwe waarden L' en uurgemiddelde waarden voor residueel geluid U . Voor het niveau van het residuele geluid kan de L_{90} of L_{95} worden gebruikt.

Markeren en stratificeren

Uurwaarden worden als verstoord beschouwd en buiten beschouwing gelaten als een of meer van onderstaande situaties zich voordoen:

- overmatig residueel geluid, dat wil zeggen uurwaarden met $L' - L_{res} < 5$ dB;
- regen ($> 1,0$ mm neerslag per uur);
- verstoring door windgeruis (direct of indirect zoals door het ritselen van bladeren);
- niet-representatieve geluidoverdracht (sneeuwdek, dichte mist, extreem lage of hoge temperaturen).

Als richtlijn voor verstoring door windgeruis op de microfoon met een 90 mm windbol gelden de volgende toegestane windsnelheden W_{max} .

Tabel 4.1 Toegestane windsnelheid op microfoonhoogte (richtwaarden)

Passageniveau ($L_{A,max}$) groter dan	[dB(A)]	40	50	60	70
W_{max}	[m/s]	4	6	8	11

Uren tijdens welke een hogere uurgemiddelde windsnelheid dan W_{max} aanwezig is, worden als verstoord beschouwd. Om W_{max} uit de tabel af te kunnen lezen moet het (gemiddelde) passageniveau ($L_{A,max}$) voor de microfoonpositie op de meetlocatie bekend zijn. Als dat passageniveau niet uit de meetgegevens zelf kan worden afgeleid, kan het geschat worden, bijvoorbeeld met behulp van vergelijkbare metingen van elders of met berekeningen op basis van een geschikt rekenmodel

De volgende meteogegevens zijn van belang: windrichting, windsnelheid, neerslag, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid. Deze worden bij voorkeur van een eigen meetstation op de meetlocatie betrokken. Als geen eigen neerslagwaarden beschikbaar zijn, worden registraties van de KNMI-neerslagradars gebruikt. Als ook die niet beschikbaar zijn, worden uurgegevens van de twee of drie meest nabije KNMI-weerstations of gelijkwaardig gebruikt, waarbij voor elk uur het maximale neerslagniveau (mm) van die weerstations wordt gebruikt, als *worst-case* benadering voor de geluidmeetlocatie.

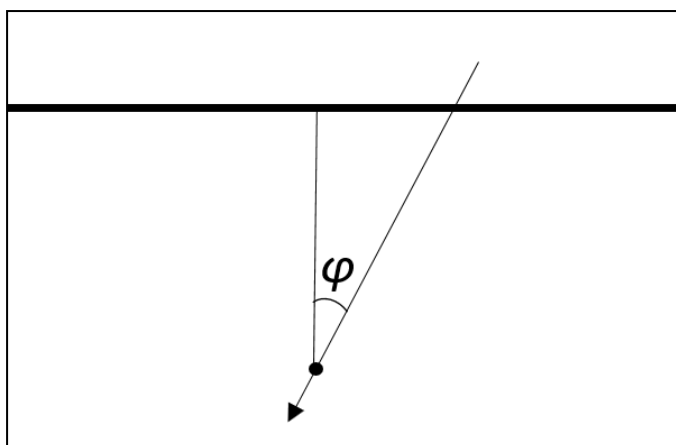
De uurwaarden voor L' en L_{res} die worden meegenomen in de analyse worden op de volgende wijze gecorrigeerd voor het aandeel residueel geluid:

$$L = L' + 10 \lg(1 - 10^{\frac{L_{res} - L'}{10}}) \quad (4.1)$$

Meteostratificatie

Op basis van de meewindcomponent V_{mee} van de windsnelheid V_{wind} , gemeten op 10 m hoogte, moet per uur worden bepaald van welke meteoklasse M1 tot en met M4 sprake is. Als φ de hoek is tussen de windrichting en de dominante voortplantingsrichting vanuit de geluidbron (dat is meestal de kortste verbindinglijn tussen de spoorweg en de meetpositie), wordt deze component gegeven door:

$$V_{mee} = V_{wind} \cos(\varphi) \quad (4.2)$$



Figuur 4.1 Bepalen van de hoek φ .

De meteoklassen hangen af van de meteorologische dag en nacht, en van de meewindcomponent zoals in tabel 4.2 aangegeven.

Tabel 4.2 Meteoklassen eenvoudige methode

Meteoklasse	Omschrijving	Overdag	's Nachts
M1	ongunstig	$V_{mee} < 1 \text{ m/s}$	$V_{mee} < -1 \text{ m/s}$
M2	homogeen	$1 \text{ m/s} \leq V_{mee} < 3 \text{ m/s}$	n.v.t.
M3	gunstig	$3 \text{ m/s} \leq V_{mee} \leq 6 \text{ m/s}$	n.v.t.
M4	zeer gunstig	$V_{mee} > 6 \text{ m/s}$	$V_{mee} \geq -1 \text{ m/s}$

De mate waarin deze meteoklassen tijdens de meetperiode optreden, zal in het algemeen afwijken van de langtijdgemiddelde optreedfrequentie van deze meteoklassen. Om een representatieve L_{den} -waarde te bepalen, is het nodig om de metingen te corrigeren voor het verschil tussen de optreedfrequentie in de meetperiode en de langtijdgemiddelde optreedfrequentie. Daartoe wordt van elke meetdag k het energetisch gemiddelde geluidniveau $L_{p,m,k}$ per etmaalperiode en per meteoklasse bepaald over de uurwaarden. Daarin geeft de index p de drie etmaalperioden aan (dag 07.00-19.00 uur, avond 19.00-23.00 uur, nacht 23.00-07.00 uur) en de index m de vier meteoklassen (M1, M2, M3 en M4).

Daarnaast wordt de fractie $q_{p,m,k}$ berekend. Deze is gedefinieerd als het aantal geldige meeturen per meteoklasse m , gedeeld door het aantal geldige uren van die etmaalperiode. Per etmaalperiode (p) van elke meetdag (k) geldt $\sum_m q_{p,m,k} \sum_m q_{p,m,k} = 1$.

Het equivalente geluidrukniveau per etmaalperiode en per meteoklasse, aangeduid met $L_{p,m}$, wordt over de gehele meetperiode bepaald met weging naar $q_{p,m,k}$:

$$L_{p,m} = 10 \lg \left(\frac{1}{Q_{p,m}} \sum_k q_{p,m,k} 10^{\frac{L_{p,m,k}}{10}} \right) \text{ dB} \quad (4.3)$$

waarin $Q_{p,m}$ als volgt is gedefinieerd:

$$Q_{p,m} = \sum_k q_{p,m,k} Q_{p,m} = \sum_k q_{p,m,k}.$$

Deze met $q_{p,m,k}$ gewogen energetische middeling van geluidwaarden is nodig om de bijdragen van onafhankelijke metingen correct te verwerken. Alleen metingen afkomstig uit verschillende etmalen gelden meteorologisch als onafhankelijk van elkaar. Het totale aantal bijdragende etmalen kan worden berekend door $Q_{p,m}$ te sommeren over de meteoklassen: $\sum_m Q_{p,m}$.

Voor de standaardafwijking $u_{p,m}$ die de onzekerheid in de emissie representeert voor $L_{p,m}$, geldt dat alle $L_{p,m,k}$ onafhankelijke metingen betreffen. De standaardafwijking $u_{p,m}$ kan daarom als volgt worden berekend:

$$u_{p,m} = 10 \lg \left(10^{\frac{L_{p,m}}{10}} + S_{p,m} \right) - L_{p,m} \text{ dB} \quad (4.4)$$

waarin $S_{p,m}$ wordt bepaald door

$$S_{p,m}^2 = \frac{1}{Q_{p,m}} \sum_k q_{p,m,k} \left(10^{\frac{L_{p,m,k}}{10}} - 10^{\frac{L_{p,m}}{10}} \right)^2. \quad (4.5)$$

Verwerking meetresultaat per periode

Voor het extrapoleren van de meetresultaten naar een jaargemiddelde waarde is het noodzakelijk de langtijdgemiddelde optreedfrequenties $f_{\text{optreed},p,m}$ van de verschillende meteoklassen in elke etmaalperiode te kennen. De optreedfrequentie wordt in tabel 4.3 opgezocht bij de betrokken etmaalperiode p en bij de sectorhoek die van toepassing is op de meetsituatie. Voor meetlocaties op grotere afstand van De Bilt kan een eigen langtijdgemiddelde worden bepaald op basis van uurgegevens van een nabijgelegen KNMI-meetstation over een recente periode van ten minste 20 jaar.

Tabel 4.3 Optreedfrequentie f_{optreed} per sectorhoek van de meewindcomponent in De Bilt (1989-2018)¹

sectorhoek (°)	$p=\text{dag}$				$p=\text{avond}; p=\text{nacht}$			
'van' - 't/m'	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
350 - 10	0,7	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
10 - 30	0,7	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
30 - 50	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
50 - 70	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
70 - 90	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
90 - 110	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
110 - 130	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
130 - 150	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
150 - 170	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
170 - 190	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
190 - 210	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
210 - 230	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
230 - 250	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
250 - 270	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
270 - 290	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
290 - 310	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
310 - 330	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
330 - 350	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6

¹ 0° representeert een meewindrichting van noord naar zuid, 90° van oost naar west, etcetera.

Het jaargemiddelde geluidniveau per etmaalperiode, L_p , wordt als volgt bepaald:

$$L_p = 10 \lg \left(\sum_m f_{\text{optreed},p,m} 10^{\frac{L_{p,m}}{10}} \right) \text{ dB}. \quad (4.6)$$

De totale meetonzekerheid voor L_p bedraagt:

$$u_p = \sqrt{\sum_m c_{p,m}^2 u_{p,m}^2 + u_{\text{wind}}^2 + u_{\text{nat}}^2 + u_{\text{meteo}}^2 + u_{\text{res}}^2 + u_{\text{slm}}^2} \quad (4.7)$$

waarin de gevoeligheidscoëfficiënten $c_{p,m}$ zijn gedefinieerd als

$$c_{p,m} = \frac{f_{\text{optreed},p,m} 10^{\frac{L_{p,m}}{10}}}{10^{\frac{L_p}{10}}} \quad (4.8)$$

en waarin de overige bronnen van meetonzekerheid als volgt zijn bepaald:

u_{wind} is de onzekerheid door het schrappen van uurwaarden met te harde wind. Ook het geluid in die geschrapte periodes draagt bij aan het totale geluid in de gemeten situatie. Hiervoor geldt: $u_{\text{wind}} = (6/W_{\text{max}})^2$ [dB].

u_{nat} is de onzekerheid als gevolg van het meten tijdens periodes met een natte windbol. Een natte windbol kan tot enkele uren na de regenbui een effect hebben van enkele dB's. Voor een langdurige meetperiode, zoals bij de eenvoudige methode, is het percentage natte uren niet variabel en is het effect te schatten op $u_{\text{nat}} = 0,3$ dB. Op basis van artikel 8.3 van de ISO-norm kan de meetonzekerheid nauwkeuriger worden bepaald, als het geluideffect voor het type microfoon en windbol afhankelijk van de neerslagwaarde en opdroogtijd in detail bekend is.

u_{meteo} is de onzekerheid in het bepalen van de juiste meteoklasse. Deze wordt geschat op 0,3 dB. Met annex F.1 van de ISO-norm kan het effect nauwkeuriger worden bepaald.

u_{res} is de onzekerheid in het bepalen van het residueel geluid op basis van L_{90} of L_{95} tijdens onbemande metingen. Deze wordt geschat op 0,5 dB. Met annex F.2 van de ISO-norm kan het effect nauwkeuriger worden bepaald.

u_{slm} is de meetonzekerheid van de meetketen. Deze bedraagt 0,5 dB voor IEC-klasse 1 en 1,5 dB voor IEC-klasse 2 geluidmeters. De bij de ijkings gevonden afwijkingen kunnen aanleiding geven om hogere onzekerheden in rekening te brengen.

Bepaling L_{den}

De resultaten van dag, avond en nacht worden samengenomen om de L_{den} met de bijbehorende meetonzekerheid te bepalen. De L_{den} wordt berekend met:

$$L_{\text{den}} = 10 \lg \left(\frac{12}{24} 10^{L_{\text{dag}}/10} + \frac{4}{24} 10^{(L_{\text{avond}}+5)/10} + \frac{8}{24} 10^{(L_{\text{nacht}}+10)/10} \right) \text{ dB} \quad (4.9)$$

De meetonzekerheid bedraagt:

$$u_{\text{den}} = \sqrt{\left[\left(\frac{12}{24} 10^{\frac{L_{\text{dag}}}{10}} \right)^2 u_{\text{dag}}^2 + \left(\frac{4}{24} 10^{\frac{L_{\text{avond}}+5}{10}} \right)^2 u_{\text{avond}}^2 + \left(\frac{8}{24} 10^{\frac{L_{\text{nacht}}+10}{10}} \right)^2 u_{\text{nacht}}^2 \right] / 10^{\frac{L_{\text{den}}}{10}}} \quad (4.10)$$

Het eindresultaat wordt genoteerd met 95% betrouwbaarheidsinterval. De grootte van dat interval is tweemaal de standaard meetonzekerheid. De notatie is " $L_{\text{den}} = [L_{\text{den}}] \pm 2 \cdot [u_{\text{den}}]$ dB (95% BI)", waarin de rechte haken de getalswaarden aangeven.

Vergelijking met standaardrekenmethode

Als de gemeten L_{den} wordt vergeleken met een L_{den} -waarde die voor de onderzochte situatie is bepaald met de standaardrekenmethode, zijn er aanvullende factoren waar rekening mee gehouden moet worden:

- Komt de gemodelleerde omgeving in het rekenmodel overeen met die bij de metingen?
- Komt het bovenbouwtype in het model overeen met die bij de metingen?

- Komen de verkeersgegevens (intensiteiten en snelheden per voertuigcategorie) overeen, voor zover bekend?
- Betreft de berekende L_{den} -waarde de actuele situatie, een plafondsituatie of een basisgeluidemissie?

Bij een vergelijking van berekende en gemeten L_{den} -waarde moet in elk geval rekening worden gehouden met het potentiële verschil tussen de momentane en gemiddelde railruis. Akoestisch is dit een effect met een zaagtandverloop in de tijd, waarbij de cyclus ten minste enkele jaren bedraagt.

Rapportage eenvoudige methode

1. Het doel van de metingen.
2. Naam en adres van de instantie en naam van de personen die de meting hebben uitgevoerd.
3. Datum en plaats van de metingen.
4. Gegevens van het spoor: aantal sporen, bovenbouwconstructie, de aanwezige geluidmaatregelen, de verkeerintensiteiten en snelheden volgens opgave van de bronbeheerder, en (voor zover beschikbaar) de met de standaardrekenmethode berekende L_{den} voor de meetpositie en een bronverwijzing (naam, datum en kenmerk van het akoestisch onderzoek waarin die berekeningen zijn opgenomen).
5. Omschrijving en foto's van de meetlocatie: omgeving, bodem met eventuele begroeiing, meetpositie.
6. Een lijst van de gebruikte meetapparatuur en type microfoons en analyseapparatuur/software met serienummers en de laatste kalibratiedatum, voor zover van toepassing.
7. Het verloop van de temperatuur en luchtvochtigheid tijdens de gehele meetperiode, apart voor alle dagperioden en voor alle nachtperioden; het verloop van de uurwaarde L (uit formule (4.1)) over het etmaal, apart per weekdag, als energetisch gemiddelde over de gehele meetperiode.
8. Een kwantitatieve onderbouwing waaruit blijkt dat aan de voorwaarden voor de eenvoudige methode is voldaan. Een lijst van eventuele afwijkingen van de voorgeschreven methode die mogelijk van invloed zijn op het resultaat.
9. Het percentage van de ongeldige uren op het totaal aantal (geldige en ongeldige) uren, uitgesplitst naar oorzaak van verstoring (overmatig residueel geluid, regen, wind, niet-representatieve geluidoverdracht); de gehanteerde maximale waarde van de windsnelheid W_{max} met een toelichting van die keuze.
10. Meetonzekerheidsberekening voor dag, avond en nacht.
11. De L_{den} en het 95%-betrouwbaarheidsinterval.
12. Bij vergelijking van gemeten en berekende L_{den} : een beschrijving van overeenkomsten en verschillen in uitgangspunten en waar mogelijk een kwantitatieve inschatting daarvan; een kwantitatieve inschatting van het effect van eventuele afwijkingen van de voorgeschreven meetsituatie en meetperiode ten opzichte van de werkelijke meetsituatie en meetperiode.
13. Als voor de meetsituatie een eigen langtijdgemiddelde optreedfrequentie is bepaald: een beschrijving van de gebruikte gegevens en de wijze van verwerking tot een langtijdgemiddelde.

4.1.3 Uitgangspunten bepaling geluidbelasting

Voor metingen met het doel een geluidbelasting of correctiewaarde vast te stellen (in situaties geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode) gelden de eisen en werkwijzen van de ISO-norm met inachtneming van de volgende bijzondere uitgangspunten:

1. Instrumentatie: volgens artikel 5 van de norm, met als aanvulling dat in tertsbanden van 25 Hz tot 10 kHz wordt gemeten.
2. Als het onvermijdelijk is om te meten op locaties met geluid van meerdere wegen of spoorwegen, worden de bijdragen per weg of spoorweg eerst uitgesplitst, voordat de

overige bewerkingen, controles en correcties worden uitgevoerd. Voor het uitsplitsen kan afhankelijk van de lokale situatie gebruik worden gemaakt van bijvoorbeeld detectielussen, lichtsluizen of hulpmicrofoons dichtbij elke bron.

3. De geluidbelasting kan op drie manieren wordt bepaald, volgens artikel 10.6.1, 10.6.2 of 10.6.3 van de norm.
4. Er wordt gestreefd naar een totale meetonzekerheid van niet meer dan ± 1 dB. De meetonzekerheid binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval is per definitie tweemaal zo groot, dus bij voorkeur niet meer dan ± 2 dB.
5. Het resultaat van de meting is een L_{den} die met bijbehorende meetonzekerheid binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval wordt opgegeven, met de volgende notatiewijze: $L_{den} = 61,2 \pm 1,8$ dB (95% BI). De uiteindelijke geluidbelasting (voor juridische context) wordt op hele dB's afgerond en zonder marge opgegeven, in dit voorbeeld 61 dB.
6. Residueel geluid ('achtergrondgeluid') wordt verwerkt volgens annex I van de norm.
7. Meteorstratificatie (M1, M2, M3 en M4) is nodig voor inzicht in representativiteit en voor correctie naar de langtijdgemiddelde situatie. In sommige gevallen moet een geschikt overdrachtsmodel worden gebruikt voor deze correctie. Bij de meteorstratificatie kan het nodig zijn de aanpak van annex A van de norm te volgen. In dat geval zijn de optreedfrequenties van tabel 4.3 niet van toepassing, omdat deze op basis van eenvoudige uitgangspunten zijn vastgesteld. Meteorgegevens voor wind, temperatuur en luchtvochtigheid worden bij voorkeur op de meetlocatie geregistreerd, maar kunnen worden betrokken van nabije KNMI-stations. Voor neerslag moeten eigen registraties op de meetlocatie worden gebruikt.
8. Correctie voor de luchtdemping volgens annex D.1 van de norm, naar 10°C en 80% RH voor Nederland.
9. Emissiestratificatie is nodig voor inzicht in representativiteit en voor correctie naar de maatgevende emissie of referentiesituatie. Deze correctie is volgens annex D.3 van de norm.
10. Als daar aanleiding voor is, moeten de meetwaarden ook worden gecorrigeerd voor het verschil tussen de railruwheid tijdens de meetperiode en de gemiddelde Nederlandse railruwheid.
11. Meetwaarden tijdens en na neerslag: volgens artikel 8.3 van de norm. Voor meetwaarden tijdens de opdroogperiode van de windbol wordt rekening gehouden met extra meetonzekerheid. Meetwaarden tijdens uren met te harde wind worden geschrapt. Meetwaarden tijdens uren met een sneeuwdek, dichte mist, extreem lage of hoge temperaturen worden geschrapt door niet-representatieve geluidoverdracht.
12. Rapportage zoals bij de eenvoudige methode, met aanvullend: tabellen met gemiddelde meetwaarden per meetdag (gesplitst per etmaalperiode en meteorklasse) en een analyse van de meetonzekerheid volgens annex F van de norm.

4.2 Methode voor meting en modellering van stalen kunstwerken

4.2.1 Inleiding

Het rijden over een stalen kunstwerk zal in het algemeen leiden tot een toename van de geluidemissie. Deze toename wordt veroorzaakt door enerzijds een toename van het rolgeluid van het spoorvoertuig en anderzijds de geluidafstraling van het stalen kunstwerk zelf. Bij stalen kunstwerken wordt in de rekenmethode deze toename van de emissie gekarakteriseerd door een geluidemissietoeslag. Zie paragraaf 2.5.2. De geluidafstraling van het kunstwerk wordt per bronlijn apart in rekening gebracht door middel van het modelleren van twee bronlijnen. Behalve de bronlijn voor het rolgeluid wordt een tweede bronlijn gepositioneerd in het hart van elke bronlijn op het kunstwerk. De afstraalkarakteristiek van het kunstwerk vertoont verschillen met de afstraalkarakteristiek van het rolgeluid. Daarom heeft de bronlijn voor het kunstwerk een andere geometrische uitbreidingsterm dan de bronlijn voor het rolgeluid.

Voor het uitvoeren van akoestisch onderzoek is het wenselijk de geluidemissietoeslag te beschrijven, onafhankelijk van de geometrische modellering van het kunstwerk en de

naastliggende aarden baan.

In deze paragraaf wordt de bepaling en de modellering van deze geluidemissietoeslag in de standaardrekenmethode uitgewerkt.

4.2.2 Geluidemissietoeslag

De geluidemissietoeslag $\Delta L_{E,brug}$ is gedefinieerd als het verschil tussen de emissie van de door het kunstwerk beïnvloede bronnen en dezelfde bronnen zonder de invloed van het kunstwerk. Deze geluidemissietoeslag wordt bepaald per voertuigcategorie, per octaafband. Omwille van de leesbaarheid zijn in de hierna gebruikte formules de indices voor voertuigcategorie c en octaafband i weggelaten.

$$\cancel{L_{E,totaal,brug}} = \cancel{L_{E,totaal}} + \cancel{\Delta L_{E,brug}} \quad L_{E,totaal,brug} = L_{E,totaal} + \Delta L_{E,brug} \quad (4.11)$$

De totale emissie op het kunstwerk is de energetische optelling van de rolgeluidemissie (inclusief de extra rolgeluidemissie ($\Delta L_{E,brug-rol}$)) op de bronlijnen op 0 en 0,5 m van de bovenkant van het spoor (BS) en de emissie van het kunstwerk zelf op de bronlijn op 0m BS ($L_{E,brug-kunstwerk}$).

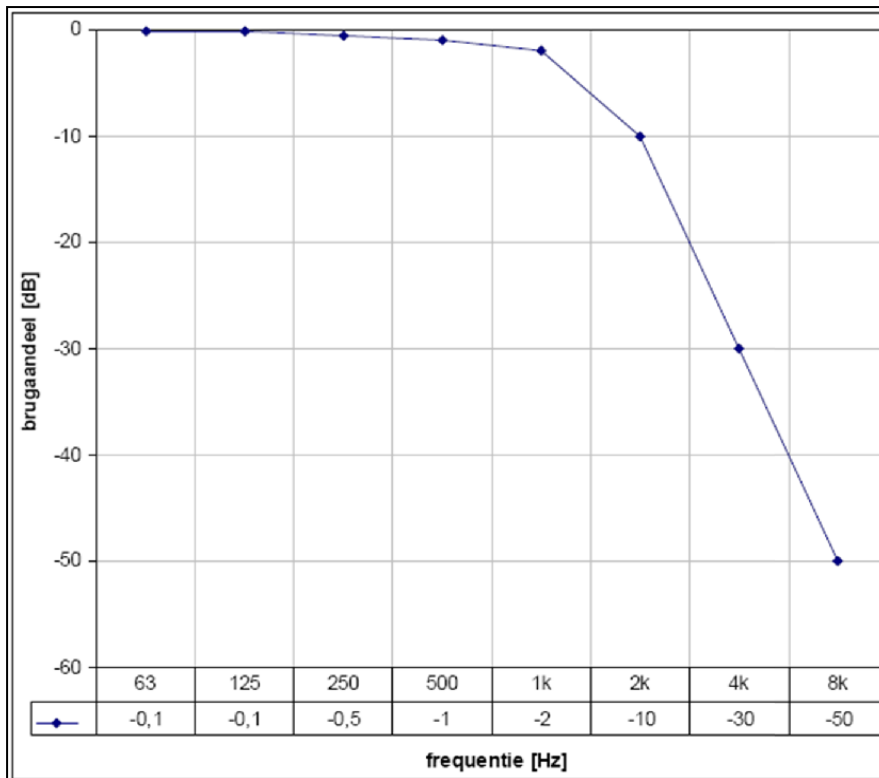
Deze totale emissie van het kunstwerk wordt in het model gerepresenteerd door twee bronlijnen, namelijk een bronlijn voor het kunstwerk met emissie $L_{E,brug-kunstwerk}$ en een bronlijn voor het rolgeluid met emissie $L_{E,brug-rol}$.

De emissie zonder de invloed van het kunstwerk is de energetische optelling van de rolgeluidbronnen alsof er geen geluidemissietoeslag is (dus zonder de $\Delta L_{E,brug-rol}$) en zonder kunstwerkgeluid en waarbij op de brug een bovenbouwcode $bb=1$ wordt gebruikt:

$$L_{E,totaal} = L_E^{bs} \oplus L_E^{as} = 10 \lg \left(10^{L_E^{bs}/10} + 10^{L_E^{as}/10} \right) \quad (4.12)$$

4.2.3 Splitsing in rolgeluidtoename en kunstwerkgeluid

De extra emissie door de geluidemissietoeslag wordt gesplitst in twee delen: toename van het rolgeluid ($\Delta L_{E,brug-rol}$) en kunstwerkgeluid ($L_{E,brug-kunstwerk}$). De toename van het geluid wordt bij lage frequenties (tot 1 kHz) voornamelijk veroorzaakt door kunstwerkgeluid, bij hoge frequenties door rolgeluid. De splitsing van de geluidtoename wordt eenduidig vastgelegd met het empirische brugbijdragefilter H_{brug} van figuur 4.2.



Figuur 4.2 Spectrale karakteristiek van het filter om het brugaandeel uit het verschilspectrum te filteren.

Het gedeelte van de geluidemissie van de brug dat wordt toegekend aan het kunstwerk wordt hiermee:

$$L_{E,brug-kunstwerk} = L_{E,totaal,brug} + H_{brug} \quad L_{E,brug-kunstwerk} = L_{E,totaal,brug} + H_{brug} \quad (4.13)$$

waarbij de correctiefactoren H_{brug} worden gebruikt, zoals die zijn weergegeven in figuur 4.2. De rest van de geluidemissie van de brug bestaat uit het rolgeluid. Deze bestaat uit de emissie van brug zonder de invloed van de brug plus een toeslag op het rolgeluid H_{rol} :

$$L_{E,brug-rol} = L_{E,totaal,brug} + H_{rol} \quad L_{E,brug-rol} = L_{E,totaal,brug} + H_{rol} \quad (4.14)$$

met

$$H_{rol} = 10 \lg(1 - 10^{H_{brug}/10}) \quad (4.15)$$

Daarmee wordt de toeslag op het rolgeluid:

$$\Delta L_{E,brug-rol} = L_{E,brug-rol} - L_{E,totaal} \quad \Delta L_{E,brug-rol} = L_{E,brug-rol} - L_{E,totaal} \quad (4.16)$$

Deze toeslag wordt opgeteld bij de rolgeluidbronnen op BS- en AS-hoogte, waarbij de bovenbouw wordt gemodelleerd met code $bb=1$.

4.2.4 Meettechnische bepaling van de geluidemissietoeslag

Deze methode kan worden toegepast om de geluidemissietoeslag te bepalen uit vergelijkende immissemetingen nabij de brug en nabij het spoor op normaal talud (aardebaan, bij voorkeur met bovenbouwconstructie $bb=1$). Het geluidrukniveau van spoorvoertuigpassages wordt nabij de brug en nabij de aardebaan in één meetdoorsnede op gelijke afstand vanaf het hart van het spoor (HS) gemeten.

Voor het bepalen van de horizontale afstand tussen baan en microfoons worden de volgende punten in overweging genomen:

- Wegens nabijheidsveldeffecten bedraagt de meetafstand ten minste $1,5D$ vanaf het hart van de brug, waarbij D een karakteristieke voor de geluidafstraling relevante afmeting in de dwarsdoorsnede van de brug is, bijvoorbeeld de plaatafmeting van het brugdek of de breedte van de brug.
- Wegens de totale openingshoek bedraagt de meetafstand ten hoogste de helft van de afstand van de meetdoorsnede tot elk van de uiteinden van de brug, gemeten langs de brug.
- De meetafstand bedraagt ten minste 7,5 m uit het hart van het dichtstbijgelegen spoor. Bij bruggen korter dan 30 m wordt dus gemeten in het midden van de brug, waarbij rekening wordt gehouden met de beperkte lengte van de brug.

Om een te grote invloed van bodemeffecten op de aardebaan te voorkomen, wordt een meethoogte van 1,5 m boven de bovenzijde van het spoor (BS) aanbevolen bij een meetafstand van 7,5 m tot het HS. Bij een meetafstand van 25 m wordt een hoogte van 3,5 m aanbevolen.

Bij tussenliggende meetafstanden wordt tussen deze hoogtes geïnterpoleerd. Dit betekent dat de meethoogte zo wordt aangepast dat de 'verticale zichthoek' naar BS in de orde van 10° ligt. Nabij de aardebaan wordt op één hoogte gemeten: meethoogte h . Nabij de brug wordt gemeten op twee hoogtes: $+h$ BS en $-h$ BS, waarbij de laagste meethoogte ten minste 1 m boven het op die locatie aanwezige bodemoppervlak ligt. De resultaten van deze metingen worden gemiddeld. Wanneer de resultaten van deze twee meetpunten bij de brug sterk uiteenlopen (richtlijn: meer dan 5 dB per octaafband), kan worden gerekend met de hoogste meetwaarden of wordt er nader akoestisch onderzoek uitgevoerd.

Bij de meting moet de representatieve operationele situatie worden onderzocht, dat wil zeggen de verdeling van gemeten spoorvoertuigen over de verschillende spoorvoertuigcategorieën en de gereden snelheid komt overeen met de maatgevende situatie ter plaatse. Bij meersporige bruggen met 'gelijkwaardige sporen' kan worden volstaan met een toeslagmeting voor het aanliggende spoor. Bij 'niet-gelijkwaardige sporen' moet de toeslag voor alle sporen afzonderlijk bepaald worden.

Voor alle meetposities wordt per spoorvoertuigpassage per spoorvoertuigcategorie het equivalente geluidniveau bepaald door te middelen over de tijd waarin de trein zich voor de meetpositie bevindt ($L_{pAeq,Tp}$ uit NEN-EN-ISO 3095:2013). De immissietoetslag per categorie $\Delta L_{I,brug,c,i}$ volgt dan uit het lineair gemiddelde verschil tussen de beide geluidmeetposities over n (ten minste 5) passages:

$$\Delta L_{I,brug,c,i} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (L_{Aeq,br,c,i,k} - L_{Aeq,ab,c,i,k}) \quad (4.17)$$

met:

c : index spoorvoertuigcategorie;

i : index octaafband;

k : volgnummer meting;

$L_{Aeq,br,c,i,k}$: meetresultaat bij de brug;

$L_{Aeq,ab,c,i,k}$: meetresultaat bij de aardebaan.

Het gemeten immissieverschil tussen brug en aarden baan wordt beïnvloed door twee factoren: het verschil in geluidemissie tussen een voertuig op de brug en hetzelfde voertuig op de baan en het verschil in overdrachtsverzwakking. Daarnaast kan, als de bovenbouwconstructie afwijkt van $bb = 1$, een correctie nodig zijn naar bovenbouwconstructie $bb = 1$.

Dit betekent dat de gemeten immissietoetslag wordt gecorrigeerd met

~~$H_{correctie,\Delta overdracht}$~~ $H_{correctie,\Delta overdracht}$ voor het verschil in overdrachtsverzwakking om een waarde te

vinden voor de geluidemissietoeslag.
In het algemeen geldt:

$$\Delta L_{E,brug,c,t} = \Delta L_{I,brug,c,t} - H_{correctie,\Delta overdracht} \quad \Delta L_{E,brug,c,i} = L_{I,brug,c,i} - H_{correctie,\Delta overdracht} \quad (4.18)$$

De waarde voor de correctie in overdrachtsverzwakking is alleen voor eenvoudige gevallen gemakkelijk te bepalen. Echter, als een akoestisch model wordt gemaakt van de meetsituatie, dan kan $H_{correctie,\Delta overdracht}$ iteratief worden bepaald. Dan wordt de volgende procedure gebruikt:

- Veronderstel dat de geluidemissietoeslag precies gelijk is aan als de gemeten geluidemissietoeslag: $\Delta L_{E,brug,c,t} = \Delta L_{I,brug,gemeten,c,t}$ $\Delta L_{E,brug,c,i} = \Delta L_{I,brug,gemeten,c,i}$
- Vervolgens wordt de procedure uit 4.2.2 doorlopen om kunstwerkgeluid en extra rolgeluid toe te kennen aan de bronnen op de brug. Op de brug wordt als bovenbouw $bb=1$ gemodelleerd.
- Op de meetposities op de brug en de aarden baan worden de geluidemissiespectra berekend. Het verschil tussen die twee geluidspectra wordt aangeduid als $\Delta L_{I,brug,1^{e}schatting,c,i}$
- De correctie voor het verschil in overdrachtsverzwakking wordt bepaald volgens de formule:

$$H_{correctie,\Delta overdracht} = \Delta L_{I,brug,1^{e}schatting,c,i} - \Delta L_{I,brug,gemeten,c,i} \quad (4.19)$$

Verdisconteren rijnsnelheid

Naast geluidrukniveaus wordt in beide meetdoorsnedes de rijnsnelheid van het spoorvoertuig bepaald. Wanneer de snelheid tussen beide meetdoorsnedes meer dan 5% verschilt, wordt de aardebaanmeting gecorrigeerd met de emissieformules (zie 2.4). Wanneer dit verschil meer dan 25% bedraagt, is de meting niet bruikbaar voor de bepaling van de brugtoeslag.

Het brugtoeslagspectrum is afhankelijk van snelheid en spoorvoertuigcategorie. De brugtoeslag kan worden toegepast op dezelfde spoorvoertuigcategorie bij snelheden die niet meer dan 25% afwijken van de snelheid waarvoor de toeslag is bepaald.

Wanneer de brugtoeslag voor een bepaalde spoorvoertuigcategorie niet redelijkerwijs kan worden gemeten, wordt voor deze spoorvoertuigcategorie de brugtoeslag overgenomen van die spoorvoertuigcategorie die leidt tot de hoogste overall toeslag.

Verdisconteren railruwheid

In de directe omgeving van de meetdoorsnede aardebaan wordt de spoorstaafuwheid gemeten volgens de procedures omschreven in NEN-EN-ISO 3095:2013. Als de spoorstaafuwheid in de doorsnede van de aardebaan significant hoger is dan het landelijk gemiddelde spoorstaafuwheidsspectrum (zie tabel 2.7), moet een andere meetdoorsnede worden gekozen met een lagere spoorstaafuwheid, of de meetwaarden moeten worden gecorrigeerd voor de hoge spoorstaafuwheid (zie paragraaf 2.4). Als de spoorstaafuwheid op de brug significant hoger is dan de referentie, wordt verondersteld dat dit representatief is voor de brug (tenzij er aanwijzingen zijn voor het tegendeel). In het algemeen zal de brugtoeslag dus niet worden gecorrigeerd voor de hoge spoorstaafuwheid. De brugtoeslag is dan dus deels het gevolg van de brugconstructie en deels van de hoge spoorstaafuwheid.

4.2.5 Modelleren in de standaardrekenmethode

Het bruggeluid wordt in de standaardrekenmethode verwerkt als een toeslag op het geluidemissiegetal voor rolgeluid in combinatie met een extra bronlijn op het kunstwerk voor het bruggeluid.

De toename van het rolgeluid $\Delta L_{E,brug-rol}$ wordt als extra geluidemissiegetal opgelegd aan de bronlijnen op 0 en 0,5 m van de bovenkant van het spoor (BS). Daarbij wordt de toename van de rolgeluidemissie in gelijke proporties verdeeld over deze twee bronlijnen. Dit noemen we de

rolgeluidbronnen. De geluidemissie als gevolg van de geluidafstraling van het kunstwerk $\Delta L_{E,brug-kunstwerk}$ wordt gemodelleerd met een bronlijn ter lengte van het kunstwerk in het hart van het spoor (HS) op 0 m BS. Dit noemen we de kunstwerkbron.

Voor de kunstwerkbron gelden enkele speciale modelleervoorschriften:

1. De geometrische uitbreiding van de kunstwerkbron wordt beschreven met een monopooluitbreiding volgens formule 3.4b.
2. Al aanwezige afscherming op de brug of op het talud direct aansluitend aan het kunstwerk heeft geen invloed op deze bron. De afstraling van de brug wordt namelijk niet beïnvloed door op of vlakbij de brug staande schermen.

4.3 Meetmethode emissies en spoorconstructies trams

4.3.1 Indeling in een bestaande categorie, procedure A

Procedure A uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 is toepasbaar om een nieuw tramtype in een bestaande treincategorie in te delen. Daarbij gelden de volgende aanpassingen voor trams.

Er worden aan ten minste 4 voertuigexemplaren metingen uitgevoerd, waarbij per snelheidsbereik ten minste 5 passages worden gemeten.

Voor de meetlocatie gelden de volgende eisen:

- Ballastspoor met monoblok dwarsliggers en UIC 54 rail of vergelijkbare vignole rail.
- De railbevestiging en railpad mogen afwijken van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006, zolang de verticale afstandsdemping hoger is dan 5 dB/m tussen 200 Hz en 3.000 Hz.
- Er ligt ballast tussen de meetpositie en het bereden spoor, bijvoorbeeld door het voertuig op het tegenoverliggende spoor te meten.

Er wordt gemeten op 7,5 m afstand uit het hart van het testspoor, op meethoogtes 1,2 m en 3,5 m boven het loopvlak van de rails. Voor de inpassing in categorie 10 wordt het aantal rekeneenheden gekozen overeenkomstig de asdichtheid (aantal assen/m). Daarbij wordt een correctie gehanteerd van 10 lg (asdichtheid) ten opzichte van de afgebeelde A32 of Citadis tram. Het aantal rekeneenheden kan dan soms afwijken van het aantal geledingen. De asdichtheid moet binnen het bereik 0,18-0,23 liggen.

4.3.2 Bepaling emissiekentallen trammaterieel, procedure B

Procedure B uit de Technische regeling emissiemethoden (TR) R wordt toegepast ter bepaling van de emissiekentallen van een nieuwe categorie voor trammaterieel, met de volgende aanpassingen:

- Voor de voertuigexemplaren, aantal passages en spoorspecificaties gelden dezelfde extra bepalingen als voor Procedure A hierboven.
- Tractiegeluid, voor zover relevant, wordt bepaald uit passages waarbij stabiele tractie of licht accelererend wordt gereden. Rolgeluid wordt bepaald uit passages waarbij geen of minimale tractie wordt geleverd.
- Als voor dezelfde exemplaren trams bij dezelfde snelheden met tractie aan en uit niet meer dan 3 dB wordt geconstateerd in niet meer dan 2 tertsbanden in gemeten geluidsdrukspectra kan met de rolgeluidbron worden volstaan. Dit wordt beoordeeld aan de hand van trams met wielen in normale conditie, zonder hoge ruwheid van het loopvlak.
- Voor trams wordt uitgegaan van één bronhoogte op 0 m, zolang de tram voorzien is van afscherming van wielen en onderzijde met een opening van niet meer dan 30 cm hoog. Als de wielen voor meer dan de helft van hun oppervlak zichtbaar zijn, of als tractiebronnen op andere bronhoogtes (bijvoorbeeld op het dak) aanwezig zijn, dan moeten de brontermen in overeenstemming met procedure B worden bepaald.
- De overdrachtsfunctie $L_{Hpr,tot}$ voor rolgeluid wordt bepaald uit het geluidsdrukniveau van de passage $L_{peq,tp}$ en de gecombineerde effectieve ruwheid L_{Rtot} volgens de Procedure B van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 of CEN TR 16891:2016.

De totale ruwheid kan ook worden bepaald uit direct gemeten wiel- en railruwheid, te meten volgens EN 15610: 2019 (wat veel metingen en beschikbaarheid van voertuigen en spoor vereist) en het contactfilter. Hiervoor moet het DPRS contactfilter uit EN 15610: 2019, tabel 5.2] worden gebruikt in plaats van de waarden in tabel 2.1 van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006.

- Als alleen de BS bronhoogte van toepassing is, is de totale overdrachtsfunctie gelijk aan de spooroverdrachtsfunctie (zie Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006, paragraaf 2.4.7).
- Om een gemiddeld emissieniveau voor het hele netwerk te bepalen, moet een gecombineerde effectieve ruwheid $L_{Rtot,netwerk}$ van het hele netwerk en al het materieel worden bepaald, in analogie met $L_{Rtot,NL}$ in paragraaf 2.4.4 van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006. Dit wordt bepaald op basis van de gemeten gemiddelde totale effectieve ruwheid uit metingen van meerdere trams op meerdere locaties. $L_{Rtot,netwerk}$ kan ook worden herleid op basis van beschikbare wiel- en railruwheidsmetingen en het contactfilter zoals hierboven beschreven, als daarvoor statistisch voldoende representatieve data voorhanden zijn.
- Bij gebrek aan deze informatie kan worden uitgegaan van de gecombineerde wiel- en railruwheid voor schijfgeremd materieel (zoals categorie 8) en gemiddelde railruwheid voor het Nederlands railnetwerk..
- Bij de berekening kan per locatie een correctie op de totale ruwheid worden toegepast afhankelijk van beschikbare gegevens van wiel- en railruwheid in relatie tot onderhoud en slijpregime.

4.3.3 Bepaling bovenbouwcorrectie, procedure C

Procedure C uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 beschrijft de methode ter bepaling van de bovenbouwcorrectie. Uitgangspunt is dat het type bovenbouw wordt vergeleken ten opzichte van metingen op een ballastspoor, waarbij de wielruwheid veel hoger is dan de railruwheid. Dit is te bereiken door gebruik van materieel met vooraf gemeten hoge wielruwheid of met een voertuig met twee of meer platte wielkanten met hoorbaar en meetbaar niveau ten opzichte van het rolgeluid tijdens passage. Bij vergelijking met een tram zonder platte wielen zou het niveau dan met circa 5-10 dB moeten verschillen. De metingen op het ballastspoor worden vergeleken met het te onderzoeken testspoor, waarbij dezelfde trams met dezelfde snelheden worden gemeten op beide locaties.

De metingen moeten bij snelheden tussen 50 tot 80 km/u worden uitgevoerd, waarbij tractiegeluid door optrekken en remmen wordt vermeden.

De bovenbouwcorrectie is het verschil tussen het rolgeluidspectrum op het ballastspoor en op het te onderzoeken spoor, gemeten langs de baan.

Als alternatief voor deze procedure worden bovenbouwcorrecties ook wel uit aan boord metingen bepaald, waarbij met een microfoon onder de wagon het rolgeluidspectrum als functie van de snelheid wordt gemeten. Dit bevat zowel effecten van de spoorconstructie als van wiel- en railruwheid. Daarom is van belang dat voor dergelijke metingen steeds de wielruwheid die van de rails domineert, bijvoorbeeld door middel van platte wielkanten, en dat geen andere bronnen zoals tractiegeluid of externe bronnen de meting verstoren. Deze werkwijze is niet gestandaardiseerd en vereist zorgvuldige keuze van meetposities, voertuigcondities en dataverwerking.

4.3.4 Bepaling conditie tramspoor

Voor normaal spoor wordt een default ruwheidscorrectie van +5 dB gehanteerd, voor geslepen spoor +3 dB, toe te passen in de correctie voor spoorconditie $C_{spoorconditie}$ in formule (2.1a/b). Een andere correctie kan worden toegepast als dit door metingen van het railnetwerk of specifieke traject(en) wordt onderbouwd.

5. Reken- en meetvoorschrift diffractor

5.1 Definitie

In dit hoofdstuk wordt de rekenregel beschreven voor de bepaling van de correctieterm voor een

diffactor als bedoeld in paragraaf 3.6 van deze bijlage. De in dit hoofdstuk beschreven rekenregel voor $C_{s,diff}$ is alleen bedoeld voor een diffactor die als schermtop op een geluidscherm is toegepast.

5.2 Rekenregel $C_{s,diff}$

Het diffractoreffect wordt berekend met de volgende formule:

$$C_{s,diff} = \begin{cases} 0,20 A_{i,S,diff} D_{scherm}(N_f) & \text{als } A_{i,S,diff} < 0 \\ 0,05 A_{i,S,diff} D_{scherm}(N_f) & \text{als } A_{i,S,diff} \geq 0 \end{cases} \quad (5.1)$$

en

$$\cancel{D_{scherm}(N_f)} = 10 \lg[\max(1; 20N_f + 3)] \quad D_{scherm}(N_f) = 10 \lg[\max(1; 20N_f + 3)] \quad (5.2)$$

Met:

$A_{i,S,diff}$: de producteigenschap van de diffactor voor octaafbandindex i bepaald volgens de meetmethode uit 5.3

N_f het fresnelgetal

Het fresnelgetal N_f wordt bepaald volgens de methode beschreven in hoofdstuk 2.10. Hierbij geldt:

z_B : de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil.

z_T : de hoogte van het scherm inclusief diffactor, ter plaatste van het diffractiepunt, ten opzichte van het referentiepeil

z_W : de hoogte van het waarneempunt, ten opzichte van het referentiepeil.

5.3 Meettechnische bepaling producteigenschappen van een diffactor op scherm

5.3.1 Meetmethode

De producteigenschappen $A_{i,S,diff}$ worden bepaald door metingen uit te voeren volgens de norm NEN-EN 1793-4:2015. Dit betreft het uitvoeren van geluidoverdrachtmetingen aan een testopstelling met een 4 meter hoog geluidscherm, met en zonder de diffactor.

Bij de meting met de diffactor op het scherm moet de geometrie van bron- en ontvangerposities worden opgehoogd met de extra hoogte van de diffactor. Deze extra hoogte moet expliciet worden opgenomen in de meetrapportage.

Het resultaat van de metingen is een zogenoemde diffractie index, die een maat is voor het extra effect van de schermtop, ten opzichte van het basisscherm zonder top.

Ten opzichte van NEN-EN 1793-4:2015 worden de volgende afwijkingen toegepast:

- Metingen worden alleen uitgevoerd met een reflecterend scherm
- De uiteindelijke middeling van het diffractoreffect voor de verschillende meetposities wordt lineair in plaats van energetisch uitgevoerd.

Voor het middelen van de posities geldt het volgende. Eerst wordt voor iedere 1/3 octaafband (j) per hoek ($h=0$ of $h=45$ graden voor elk van de meetposities ($k=1$ t/m 5) en bronhoogte ($b=1$ t/m 2) voor het scherm met diffactor ($t=1$) en scherm zonder diffactor ($t=2$) de diffractie index bepaald conform onderstaande formule.

$$DI_{j,k,b,h,t} = -10 \lg \left(\frac{\int_{\Delta f_j} |F[h_{dkbh}(t)w_{dkbh}(t)]|^2 df}{\int_{\Delta f_j} |F[h_{ikbh}(t)w_{ikbh}(t)]|^2 df} \right) \quad (5.3)$$

Vervolgens wordt per meetpunt k het verschil bepaald tussen $DI_{j,k}$ bepaald voor het scherm met diffactor en zonder diffactor volgens:

$$\cancel{DI_{j,k,b,h}} = DI_{j,k,b,h,t=1} - DI_{j,k,b,h,t=2} \quad DI_{j,k,b,h} = DI_{j,k,b,h,t=1} - DI_{j,k,b,h,t=2} \quad (5.4)$$

Vervolgens vindt lineaire middeling plaats over alle meetposities k (5), hoeken h (2), en bronhoogtes b (2) volgens:

$$DI_j = \frac{1}{20} \sum_{b=1}^2 \sum_{h=1}^2 \sum_{k=1}^5 DI_{j,k,b,h} \quad (5.5)$$

Het effect per octaafband, $A_{i,S,diff}$, wordt berekend door de bijdrage van het diffractoreffect van de 1/3 octaafband waarden in de betrokken octaafband te wegen met het wegverkeerspectrum uit NEN=EN 1793-3:1997.

5.3.2 Akoestisch rapport

Van de metingen wordt een akoestisch rapport opgesteld conform de vereisten in de meetnorm EN 1793-4. Aanvullend wordt de extra hoogte van bron- en ontvangerposities die is aangehouden bij de meting met de diffractor op het scherm vermeld.

6. Toelichting

6.1 Algemeen

Wijzigingen:

- Ten opzichte van het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 zijn er een aantal wijzigingen doorgevoerd in deze methode:
- Er zijn nieuwe bovenbouwcorrecties toegevoegd;
- De meetperiode voor emissiemetingen bij stalen bruggen is aangepast;
- De meetmethode is vernieuwd;
- SRM1 is verwijderd;
- Overstandgeluid is toegevoegd;
- De afmetingen en helling van objecten hebben effect op hun reflectiebijdrage;
- Hoe om te gaan met kleine aaneengesloten objecten is gedefinieerd;
- Hoe om te gaan met kleine bronnen is gedefinieerd; en
- Er is een meetmethode voor vaststellen tramemissie en bovenbouwcorrecties opgenomen.

6.2 Begrippen

Het begrip rekeneenheid is hier geïntroduceerd om de bij de definitie van de verkeersintensiteit in het verleden vaak gehanteerde begrippen as- of draaistelintensiteit te vervangen. Dit is enerzijds gebeurd om de eenvoud te verhogen en anderzijds omdat de nu gehanteerde definitie de geluidemissie beter blijkt te beschrijven. Bij getrokken treinen worden de locomotief en de rijtuigen (bij personentreinen) of de wagens (bij goederentreinen) alle aangemerkt als eenheden. Bij treinstellen moeten alle samenstellende delen worden opgevat als eenheden. Het aantal assen of draaistellen per eenheid is bij de bepaling van de intensiteiten dus niet van belang.

Het akoestisch onderzoek richt zich, voor spoorwegen die niet zijn aangewezen in bijlage IVb, op het maatgevende (dat wil zeggen het voor de geluidbelasting bepalende) jaar en (in dat jaar) op het langtijdig equivalent geluidniveau gedurende de dag-, de avond- en de nachtperiode. Het gemiddelde over deze drie perioden bepaalt de waarde van het geluid in L_{den} . In de praktijk zal echter meestal voor een meer praktische benadering worden gekozen, die ook aansluit bij de bepaling van het geluid in dB(A), zoals die plaatsvond voor de introductie van de L_{den} . Daarbij wordt uitgegaan van een periode die in akoestische zin voor het gehele jaar representatief is. Voor een dergelijke periode (het representatieve tijdvak) wordt het zogenoemde langtijdig equivalent geluidsniveau bepaald. Als de ene dag ten aanzien van verkeersintensiteiten en verkeerssamenstelling niet significant verschilt van een andere dag, hoeft het representatieve tijdvak niet langer dan een dag te zijn. Daar waar periodieke of andere variaties optreden met betrekking tot de treinenloop, moeten langere tijdvakken worden beschouwd. Bij de gebruikelijke reizigersdiensten zal dit niet het geval zijn, maar goederenvervoer op het spoor kan van dag tot dag sterk verschillen. Daarom wordt met name voor goederenvervoer veelal uitgegaan van het aantal treinen gedurende een langere periode. De in het tijdvak van het voor de geluidbelasting bepalende jaar optredende variabele intensiteiten worden rekenkundig gemiddeld tot een representatieve verkeersintensiteit: de verkeersintensiteit.

De representativiteit en bruikbaarheid van de resultaten van een akoestisch onderzoek staan of

vallen met de realiteitswaarde van de gehanteerde verkeersvariabelen. De primaire eis die aan een akoestisch onderzoek moet worden gesteld, is dat het zo nauwkeurig mogelijk de (toekomstige) geluidbelasting aanduidt. Dit zal alleen het geval zijn als niet alleen optimale aandacht wordt besteed aan de akoestische aspecten, zoals bodemdemping en reflectie-invloeden, maar als ook aan het onderzoek een deugdelijke opgave, meestal gebaseerd op een prognose, ten grondslag ligt. Voorkomen moet worden dat geluidwerende maatregelen, die aan de hand van de resultaten van een akoestisch onderzoek worden getroffen, na enkele jaren onvoldoende effectief blijken te zijn, als de verkeersintensiteiten – en dus de geluidbelastingen – hoger zijn dan aanvankelijk was geschat.

6.3 Spoorvoertuigcategorieën

In deze bijlage is bepaald dat al het verkeer over het spoor moet worden toegedeeld aan een van de genoemde spoorvoertuigcategorieën. Voor vrijwel alle van het Nederlandse net gebruikmakende spoorvoertuigen is dit al gebeurd en zijn de kenmerken vastgelegd in de vorm van emissiekentallen. In hoofdstuk 2 zijn deze emissiekentallen opgenomen voor de octaafbanden. Van een groot aantal in Nederland gebruikte types bovenbouw zijn ook de kenmerken beschikbaar en opgenomen in hoofdstuk 2 van deze bijlage. Nieuw materieel kan worden toegekend aan een bestaande spoorvoertuigcategorie. Hiervoor moeten metingen worden gedaan volgens procedure A uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006. Als nieuw materieel niet kan worden ingedeeld in een van de spoorvoertuigcategorieën, bijvoorbeeld als het materieel stiller is dan de bestaande spoorvoertuigcategorieën, dan worden de nieuwe emissiekentallen volgens procedure B uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 vastgesteld. Door een wijziging van deze bijlage kunnen de nieuwe emissiekentallen worden opgenomen in een nieuw te creëren spoorvoertuigcategorie. Voor trams is er een speciale procedure voor het inmeten van materiaal en bovenbouw. De reden is dat op tramlijnen vaak met maar één specifieke tram wordt gereden. Het ligt voor de hand om dan te kunnen rekenen voor dat specifieke tramtype.

6.4 De geluidemissiegetallen (hoofdstuk 2)

De vaststelling van geluidemissiegetallen vindt plaats per geluidemissietraject, dat wil zeggen per spoorweggedeelte waarover de emissie van spoorvoertuiggeluid min of meer constant kan worden verondersteld. Voordat de geluidemissiegetallen kunnen worden berekend, moet dus eerst de ligging van de geluidemissietrajecten worden bepaald of anders geformuleerd: de plaatsen op de spoorweg waar de overgangen tussen de geluidemissietrajecten liggen.

In principe liggen deze overgangen op plaatsen waar een of meer van de invoergegevens van de emissieberekening op een voor het eindresultaat relevante wijze veranderen.

Op plaatsen waar een gebied met spoorstaafonderbrekingen start of eindigt, zoals bij voegenspoorstaven, wissels en kruisingen, kan, bij korte opeenvolging van geluidemissietrajectovergangen, de afstand van 30 m zoveel kleiner worden genomen als nodig. Het geluidemissiegetal per octaafband wordt berekend voor meerdere bronhoogten.

Vooraf voor het berekenen van afscherming is deze verfijning noodzakelijk. Wanneer spoorvoertuigen die zijn uitgerust met zogenoemde blokremmen hun remming uitvoeren verschuift de bron van de geluidemissie duidelijk naar boven. Niet alle categorieën spoorvoertuigen hebben – dominante – emissies op alle bronhoogten. Met name de hogesnelheidstreinen hebben belangrijke hooggelegen bronnen. Bij spoorvoertuigen die zijn ontworpen voor een lagere maximumsnelheid kan de bijdrage van hoger gesitueerde bronnen veelal op 0 worden gesteld.

De verschillende baancorrectiefactoren zijn afhankelijk van het materieeltype. De onderscheiden factoren dekken vrijwel alle baantypen die in de praktijk worden aangetroffen. Een uitzondering vormen onder andere nog de stalen viaducten.

Het geluidemissiegetal ter plaatse van stalen bruggen en andere niet in deze bijlage genoemde kunstwerken en baanconstructies kan door middel van meting worden bepaald. Hierbij wordt de

meetmethode volgens hoofdstuk 4 als uitgangspunt gebruikt.

De tabellen met correcties voor bovenbouwconstructies bevatten niet de correcties voor de situatie van een baan met raildempers op houten dwarsliggers. Voor deze situatie kan worden gerekend met de situatie van een baan met betonnen dwarsliggers ($bb=1$).

De geluidemissiegetallen voor dieselmaterieel en sommige elektrische locs bevatten niet het aandeel van de geluidproductie bij acceleratie en stationair draaien. Omdat dit uitlaatgeluid en ventilatorgeluid hoog wordt geëmitteerd, moet worden bedacht dat het aanbrengen van schermen op plaatsen waar geregeld materieel accelereert of stationair draait nauwelijks zin heeft als met dit uitlaatgeluid geen rekening wordt gehouden. Hiervoor wordt bij overstand op spoorwegemplacements de methode voor industrielawaai (bijlage IVh) gebruikt. De deelbijdrage hiervan wordt energetisch opgeteld met de bijdrage van rijdende treinen.

De emissieformules zijn geldig vanaf 40 km/u tot een zekere maximumsnelheid die per voertuigcategorie verschillend kan zijn. Voor situaties waarbij de werkelijke snelheid lager is dan 40 km/u kan worden gerekend met de emissie horend bij 40 km/u, wat over het algemeen een lichte overschatting van de werkelijke emissie zal geven. Dit geldt bijvoorbeeld voor rangerende treinen of bij stations. Voor trams is een uitzondering gemaakt. Deze rijden meestal langzamer. Hier zijn de emissieformules geldig vanaf 30 km/u. De weergegeven maximumsnelheid per voertuigcategorie zegt alleen iets over het bereik waarover emissiekentallen geldig zijn. Buiten dit bereik wordt niet gerekend. Een treintype binnen een categorie kan zelf een lagere maximumsnelheid hebben dan de weergegeven maximumsnelheid.

6.4.1 Effect van spoorstaafruwheidsbeheersing

Formule 2.3c kan worden gebruikt in situaties waarin structureel sprake is van een fors hogere spoorstaafruwheid dan het landelijk gemiddelde dat de basis is voor deze meet- en rekenmethode. Deze formule is echter met name bedoeld om de mogelijkheid te bieden de geluidsreducerende effecten van het onderhouden van het spoor in een toestand met extra lage spoorstaafruwheid in de berekening te verwerken. Deze bronmaatregel bestaat uit het eenmalig aanbrengen van de extra lage spoorstaafruwheid en het vervolgens onderhouden van dit lage ruwheidsniveau. Door inzet van speciale slijptreinen en slijptechnieken is dit mogelijk; men spreekt ook wel van 'akoestisch slijpen'. Essentieel is dat de spoorwegbeheerder dit speciale onderhoud naar behoren vormgeeft. Belangrijk onderdeel daarbij is een jaarlijkse controle van het ruwheidsniveau van de sporen. Deze monitoring kan de spoorwegbeheerder vormgeven door handmetingen te laten uitvoeren, maar ook meetsystemen vanaf spoorvoertuigen zijn hiervoor wellicht geschikt.

6.4.2 Toeslag voor kunstwerken

Het is mogelijk het rolgeluid afkomstig van het spoor op een kunstwerk te bepalen op dezelfde wijze als omschreven in procedure C van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006. Er wordt een spoorwegoverdracht bepaald die de geluidskarakteristiek van het kunstwerk bevat. Dit kan de toeslagwaarden uit de tabellen in hoofdstuk 2 vervangen.

6.4.3 Geluid van stilstaande treinen

Voor het bepalen van het geluid van stilstaande treinen kan geen gebruik gemaakt worden van de rekenmethode voor spoorwegen. Voor stilstaande treinen wordt de methode voor industrie geluid gebruikt. De deelbijdragen op een immissiepunt voor de rijdende en stilstaande treinen worden vervolgens energetisch opgeteld.

6.5 Standaardrekenmethode (hoofdstuk 3)

Algemeen

Omdat het onmogelijk is om in deze bijlage een methode te geven die in alle gevallen toepasbaar is, wordt per onderdeel van de meet- en rekenmethode aangegeven onder welke omstandigheden nader onderzoek op dat onderdeel noodzakelijk is. Uitvoerenden van nader onderzoek worden

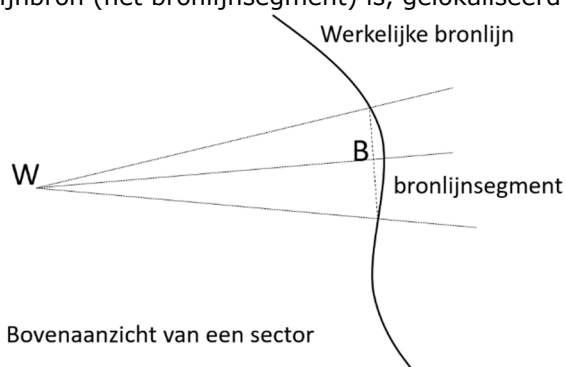
geacht een grote mate van deskundigheid te bezitten.

Het overdrachtsmodel dat in de standaardrekenmethode wordt gehanteerd, met name het gedeelte over de bodemdemping en de schermwerking, is gebaseerd op het gekromde stralenmodel bij meewindcondities. Bij de berekening van de schermwerking, volgens de theorie van Maekawa, wordt de kromming van de geluidsstralen verdisconteerd door de werkelijke schermhoogte met een ineffectief deel te verminderen. De bij dit overdrachtsmodel veronderstelde meewindcondities zijn echter niet representatief als meteorologisch gemiddelde. Door een meteocorrectieterm op te nemen in het model wordt een 'meteogemiddeld' equivalent geluidsniveau L_{Aeq} verkregen.

De geluidemissiegetallen per geluidemissietraject, gespecificeerd per octaafband, worden als bekend verondersteld. De geometrische invoergegevens zullen vaak afkomstig zijn van goed gedetailleerd kaartmateriaal (horizontale projectie en verticale doorsneden van de relevante objecten). Ten behoeve van de automatische verwerking zullen deze gegevens alleen geschematiseerd in de berekening worden ingevoerd (gekromde lijnen worden benaderd door rechte lijnstukken, de hoogte van glooiend maaiveld wordt met een gemiddelde waarde aangegeven, akoestisch niet relevante details worden weggelaten etcetera). Dit maakt de invoer van gegevens een bezigheid die een zeker akoestisch inzicht vereist. Met name in complexe akoestische situaties moet bij de rapportage zowel het oorspronkelijk kaartmateriaal als de geschematiseerd ingevoerde geometrie worden toegevoegd.

Begripsbepalingen

Bij de berekening van de overdracht (bodemeffect, schermwerking en meteocorrectie) wordt uitgegaan van puntbronnen. Per sector wordt daartoe de bron, die strikt genomen een stukje lijnbron (het bronlijnsegment) is, gelokaliseerd gedacht in één punt, hier het bronpunt genoemd.



Figuur 6.1 Illustratie bij het begrip bronlijnsegment.

Voor de gevallen waarin er kleine bronnen zijn die niet een hele sectorhoek omvatten, is een aanvullende bepaling opgenomen om de bijdrage van deze kleine bronnen mee te kunnen nemen. Daarbij ontstaat de mogelijkheid om de bijdrage te bepalen op korte lijnsegmentjes van een bronlijn.

Hoofdformule

De gegeven formules 3.1a en 3.1b zijn afgeleid uit de definitie van het equivalente geluidsniveau L_{Aeq} , die luidt:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt \right] \quad (6.1)$$

waarin t_1 en t_2 respectievelijk de begin- en de eindtijd zijn van een gespecificeerd tijdsinterval in seconden, $p_A(t)$ de momentane A-gewogen geluidsdruk (in Pa) en p_0 de referentiegeluidsdruk van 20 μ Pa is.

De constante van -58,6 hierin is het gevolg van het feit dat:

- het geluidemissiegetal L_E het geluidvermogen per km representeert in plaats van per m;
- de openingshoek in de geometrische uitbreidingsterm (Φ) in graden is in plaats van in

- radialen;
- de constante $1/4 \pi$ ontbreekt in de geometrische uitbreidingsterm.

Dit leidt tot een term $+10 \lg (1/1.000) \cdot (\pi/180) \cdot (1/4 \pi) = -58,6 \text{ dB}$.

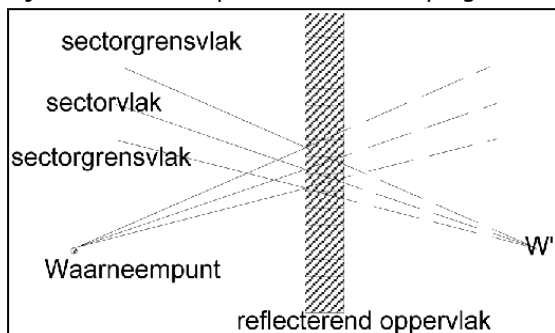
In de regeling zijn drie intervallen gespecificeerd, te weten de dagperiode lopende van 07.00–19.00 uur, de avondperiode lopende van 19.00–23.00 uur en de nachtperiode lopende van 23.00–07.00 uur. Alle termen in het rechterlid van formule 1b zijn voorzien van een of meer van de indices i, j , of n , omdat de berekening hier alleen betrekking heeft op één octaafband, één sector en één bronpunt, is omwille van de duidelijkheid afgezien van de vermelding van de indices.

De sommatie over de index n (van 1 tot en met N) beschrijft de (energetische) superpositie van de afzonderlijke bijdragen van de bronlijnen. De sommaties over de indices i (van 1 tot en met 8) en j (van 1 tot en met J) zijn de numerieke integraties over de frequentie (octaafbanden) en de totale openingshoek van het waarneempunt (sectoren). In de meeste gevallen is het voldoende om alle sectoren een openingshoek van 5° toe te kennen. Sectoren met een openingshoek kleiner dan 5° kunnen nodig zijn omdat bij discontinuïteit in de geometrie (hoeken van gebouwen, uiteinden van schermen en dergelijke) en in de verkeersgegevens (bij verandering van het geluidemissiegetal) sector-grensvlakken moeten worden gelegd. De totale openingshoek van het waarneempunt kan twee waarden hebben, te weten:

- 180° als het L_{Aeq} dient voor het berekenen van het geluid op een geluidgevoelig gebouw; of
- 360° in andere situaties.

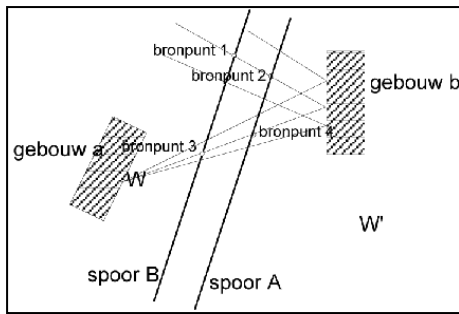
Reflecties

In figuur 6.2 is ter toelichting een voorbeeld opgenomen van de wijze waarop de constructie van een sector voor de berekening van de invloed van reflecties verloopt. Het gedeelte van de ongereflecteerde sector rechts van het reflecterend oppervlak wordt vervangen door het spiegelbeeld ervan ten opzichte van het reflecterend oppervlak. Het gespiegelde sectordeel hoort bij het waarneempunt W' dat het spiegelbeeld is van het werkelijke waarneempunt W .



Figuur 6.2 De constructie van een sector na reflectie.

In figuur 6.3 is een voorbeeld gegeven van een sector die ten gevolge van een reflectie voor de tweede maal een spoorweg snijdt. De bijdrage van de getekende sector aan het equivalente geluidsniveau L_{Aeq} moet hier worden berekend uit de superpositie van de bijdragen van de bronpunten 3 en 4 (direct) en de bronpunten 1 en 2 (via reflectie). Bij oneffenheden van het reflecterend oppervlak moet bij gevels worden gedacht aan balkons, galerijen, trappenhuisen en dergelijke. Als het bron- of waarneempunt zich op korte afstand hiervan bevinden, kan het verstrooiend effect van de oneffenheden leiden tot geluidsniveaus die niet overeenkomen met de uitkomsten van deze rekenmethode. Een nader onderzoek, bijvoorbeeld praktijk- of schaalmodelmetingen, kan hierin uitkomst brengen. Als het waarneempunt zich op de gevel bevindt (dit is het geval wanneer het geluid op de gevel moet worden vastgesteld), is bovenstaande uiteraard niet van toepassing op het waarneempunt.



Figuur 6.3 Voorbeeld van een sector die door een reflectie tweemaal een spoorweg snijdt.

In sommige gevallen hebben gebruikte databestanden een hoge mate van detaillering. Hierdoor kan het zijn dat een object uit een groot aantal zeer kleine vlakjes bestaat, of dat meerdere aaneengesloten objecten een groter object vormen. In dit geval wordt er gekeken of het samenstel van objecten of vlakken groot genoeg is. Vervolgens wordt alleen gerekend met het vlak dat door de zichtlijn wordt doorsneden alsof dit vlak met al de bijbehorende eigenschappen de gehele sectorhoek doorsnijdt. In de praktijk kan voor de toets of een object groot genoeg is in een 2D vlak gekeken worden of meerdere objecten elkaar raken. Dan worden deze objecten als 1 object beschouwd en wordt gekeken of dit object de gehele sectorhoek doorsnijdt.

Bij reflecties in hellende objecten wordt de spiegelbron in het schuine scherm gespiegeld. Hierbij krijgt deze spiegelbron een andere hoogte. Dit heeft effect op de verdere overdracht. Voor het bepalen van de bodemdemping zou in feite het bodemverloop mee moeten worden gespiegeld. Het handhaven van de bronhoogte voor de bodemdemping heeft echter hetzelfde effect. De mate van reflectie wordt ook bepaald door de hoogte van het reflecterend oppervlak. Om dit te bepalen wordt de overlap van de Fresnelzone met het scherm berekend.

Overdrachtsverzwakking L_{OD}

De overdrachtsverzwakking is de som van de demping door de bodem (D_B), demping door de lucht (D_L) en een correctieterm voor gemiddelde meteorologische omstandigheden (C_M).

Luchtdemping D_L

De gegeven waarden van δ_{lucht} zijn afgeleid uit het tertsbandspectrum ISO-DIS 3891 bij 10° C en 80% relatieve vochtigheid. Vooral bij de hoge frequentiebanden is enige compensatie geïntroduceerd voor het sterk dispersieve karakter van de absorptie.

Bodemdemping D_B

De indeling in drie bodemgebieden (brongebied, tussengebied en ontvangergebied) is noodzakelijk omdat bij het aangenomen gekromde-stralen model bodemreflecties optreden in de nabijheid van de bron zowel als de waarnemer en, bij voldoende grote afstand tussen bron en waarnemer, ook in het tussenliggende gebied. Elk van die gebieden kan een andere bodemgesteldheid hebben, zodat bij de berekening drie verschillende absorptiefracties nodig zijn.

Onder akoestisch hard wordt hier verstaan: klinkers, asfalt en andere wegverhardingen, wateroppervlakken en dergelijke. Niet akoestisch hard zijn: grasland, landbouwgrond met en zonder gewas, zandvlakten, grond onder vegetatie en dergelijke.

Schermerking L_{SW}

Omdat dit onderdeel van het rekenmodel alleen geschikt is om de bijdrage van het geluid dat via diffractie over een object het waarneempunt bereikt te verrekenen, moet het aandeel van de geluidstransmissie door het object te verwaarlozen zijn.

Met andere woorden, de geluidisolatie van het object moet belangrijk hoger zijn dan de berekende schermwerking om als afscherming in aanmerking te komen. Gebouwen, aarden wallen en dergelijke voldoen hier in het algemeen wel aan; voor schermen, muren en soortgelijke objecten moet gelden dat de massa per eenheid van oppervlakte tenminste 10kg/m² bedraagt en er zich

geen grote kieren of openingen ('akoestische lekken') in bevinden. Aangetoond is dat een afwateringsspleet aan de onderzijde van een scherm van niet meer dan 10 cm hoogte en onder de bovenzijde van het spoor geen meetbare invloed heeft op de werking van het scherm.

De schermwerking in deze meet- en rekenmethode is gebaseerd op een aantal gevalideerde metingen en berekeningen, die echter niet voor alle denkbare situaties representatief zijn. In de meeste gevallen zijn de benaderingen uit deze meet- en rekenmethode conservatief en wordt de schermwerking onderschat. De toepassing van een lager geluidsscherm is dan wellicht mogelijk als dit door nader onderzoek kan worden onderbouwd. Dit nader onderzoek kan ook bestaan uit een inventarisatie van in het verleden al uitgevoerde onderzoeken, bijvoorbeeld schaalmodel onderzoek, aan soortgelijke schermen in vergelijkbare omstandigheden.

In elk geval moet nader onderzoek plaatsvinden bij toepassing van een reflecterend geluidsscherm, waarbij wordt afgeweken van formule 3.2. De benadering van de werkelijke schermhoogte door een effectieve schermhoogte volgens formule 3.2 is een conservatieve benadering; onderzoek van een aantal situaties heeft dit aangetoond.

Spoorspecifieke absorptie

Het in paragraaf 3.7 opgenomen spoorverkeersspectrum ter bepaling van de spoorspecifieke absorptie is gebaseerd op de aanwezigheid van ten minste 50% goederenverkeer (meer laagfrequent geluid). Voor situaties met minder goederenverkeer is de feitelijke spoorstaafspecifieke absorptie meestal groter en zal het resultaat dat wordt verkregen door gebruik te maken van het opgegeven spectrum aan de veilige kant zitten.

Spoorspecifieke geluidisolatie

De geluidisolatie van zwaardere bouwmaterialen zoals beton en steen en ook van aarden wallen is over het algemeen voldoende om te voorkomen dat geluid door het scherm heen een bijdrage levert bij de waarnemer; het meeste geluid gaat immers via buiging over de schermrand heen. Bij toepassing van lichtere bouwmaterialen (bijvoorbeeld bij deuren of bij dilatatievoegen) en hoge schermen (3 tot 4 m schermhoogte) en bij waarneempunten zeer dicht achter het scherm (tot 10 m) is voorzichtigheid geboden.

Octaafbandspectrum van het equivalente geluidsniveau

Voor een nauwkeurige bepaling van het equivalente geluidsniveau binnen woningen is het gewenst dat men beschikt over het octaafbandspectrum van het voor de gevel heersende geluidsveld. Op de beschreven wijze verkrijgt men een achttal waarden voor de equivalente geluidsniveaus in de onderscheiden octaafbanden. De A-weging is hierin al verdisconteerd. Het verdient in alle gevallen aanbeveling om naast het equivalente geluidsniveau in dB ook het octaafbandspectrum te vermelden bij de rapportage.

Meteocorrectieterm

Ten opzichte van het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 is de wijze waarop rekening wordt gehouden met de meteocorrectieterm gewijzigd. In het verleden werd geen rekening gehouden met de richting van het geluid. In navolging van de Europese methode Cnossos-EU is gekeken naar het effect van verschillende richtingen in een windroos bij de voortplanting van geluid. Hierop is de maximale waarde van de meteocorrectieterm aangepast. Deze is nu afhankelijk van de richting van het geluid en van de etmaalperiode. Uit onderzoek is gebleken dat er, jaargemiddeld, geen significant verschil is tussen de avond- en nachtperiode. Ook blijkt dat de locatie in Nederland geen invloed heeft op de mate van gunstige overdracht per richting. Hierdoor kan voor heel Nederland worden volstaan met de in paragraaf 2.9 opgenomen formules.

6.6 Meetmethoden (hoofdstuk 4)

6.6.1 Standaardmeetmethode

Bij het uitvoeren van metingen volgens de standaardmeetmethode moet er inzicht zijn in de rol en het doel van de metingen. Als het om toetsing aan normen gaat, binnen het kader van deze bijlage, dan kunnen metingen een rol hebben als rekenmodellen tekortschieten. Deze schieten tekort als ze worden gebruikt buiten het toepassingsgebied waar ze voor zijn bedoeld. In sommige gevallen is er een klein deel van de berekening dat buiten het toepassingsgebied valt. In dat geval kan voor die deelbijdrage worden gedacht aan metingen.

Een exacte beschrijving van het toepassingsgebied van de rekenmethode is niet gegeven. Buiten het toepassingsgebied vallen bijvoorbeeld de gevallen waarvan is aangegeven dat nader onderzoek noodzakelijk is en situaties waarin de standaardrekenmethode niet voorziet.

Het kan ook voorkomen dat er gebruik wordt gemaakt van een specialistische rekenmethode, als een specifieke situatie buiten het toepassingsgebied valt van de meet- en rekenmethode. Een dergelijke methode is niet voor te schrijven, omdat deze afhankelijk is van de situatie.

Het meten van een L_{den} volgens de ISO-norm (NEN-ISO 1996-2:2017) is in het algemeen complex, omdat over een groot aantal variabelen moet worden nagedacht bij het plannen en uitvoeren van de metingen. De uitwerking van de metingen is erop gericht inzicht te geven in de representativiteit en betrouwbaarheid van de L_{den} -waarde. Vooral bij langdurige onbemande metingen is een systematische en zorgvuldige analyse van de meetonzekerheid van belang, omdat de resultaten door tal van factoren onbedoeld kunnen worden beïnvloed. Toch is langdurig meten vaak juist nodig om een resultaat te verkrijgen dat een representatief beeld geeft. De eenvoudige meetmethode kan onder zekere voorwaarden worden gebruikt om met onbemande langdurige metingen een indicatie te verkrijgen van L_{den} . De meteorologische criteria onder punt D van de eenvoudige methode zijn nodig om een representatief jaargemiddelde te bepalen zonder dat correcties nodig zijn voor afwijkingen in de overdracht en de emissie. In het algemeen geldt met deze criteria, die zijn gebaseerd op een minimale meetperiode van twee maanden, dat metingen in enkel de wintermaanden of enkel de zomermaanden niet voldoen. Als aan een van deze criteria niet wordt voldaan, moet langer worden gemeten. Bij het besluit om wel of niet langer door te meten kan gebruik worden gemaakt van KNMI-data die daags na elke meetdag beschikbaar komen (toetsing aan de meteorologische criteria). Opmerking: KNMI-uurgegevens zijn opgegeven in Universal Time. Deze moeten worden omgezet naar de tijdrekening van het geluidmeetstation.

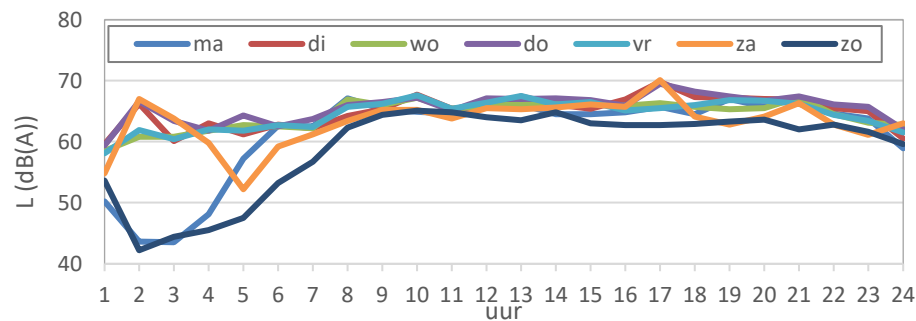
De verwerking van meetresultaten kan deels worden geautomatiseerd met spreadsheets met draaitabellen, of met scripts. Om de verwerking in goede banen te leiden, vooral de bepaling van de meetonzekerheid, moet de in deze meet- en rekenmethode aangegeven volgorde worden gevolgd. Hoewel het daarbij gaat om een vereenvoudigde aanpak ten opzichte van de ISO-norm, kan men bij grote aantallen meetgegevens gemakkelijk het spoor bijster raken. Als leidraad voor de verwerking worden in paragraaf 6.6.2 voorbeelden geven.

6.6.2 Leidraad verwerking metingen eenvoudige methode

Voor de verwerking van de ruwe meetwaarden, dat wil zeggen de L_{eq} per seconde of L_E per event, kunnen de volgende stappen worden gehanteerd:

1. Verwijder L_{eq} -waarden en L_E -waarden met kortdurende verstoringen, dit wil zeggen stoorgeluid dat enkele seconden tot enkele minuten aanhoudt.
2. Bepaal uurgemiddelde waarden L' en L_{res} . Maak daartoe een lange tabel met uurwaarden L' en L_{res} , voor de gehele meetperiode. Dus één regel per uur, 24 regels voor elke meetdag.
3. Markeer de uren met achtereenvolgens *overmatig residueel geluid* (het gaat dan om residueel geluid dat min of meer continu aanwezig is, want kortdurend stoorgeluid is al verwijderd), met *regen*, met *harde wind*, of met *niet-representatieve geluidoverdracht*. Van elk van deze vier oorzaken van verstoringen wordt het percentage uren ten opzichte van het geheel gerapporteerd. Als een uur door meerdere oorzaken is verstoord, telt het uur mee bij de eerste daarvan uit dit rijtje. Bijvoorbeeld wanneer een uur wordt verstoord door zowel harde wind als neerslag, telt dit mee bij *regen*.

- Vul de lange tabel aan met een kolom voor de waarde L die wordt berekend met formule (4.1).
- Om inzicht te geven in het verloop van het geluid over het etmaal, wordt een grafiek gemaakt van L per uur van het etmaal, waarbij energetisch wordt gemiddeld over de gehele meetperiode. Zie het onderstaande voorbeeld. Deze grafiek is een tussenresultaat: ze wordt in de rapportage opgenomen maar niet verder gebruikt in de stappen hierna. Opvallende zaken in het verloop per weekday worden becommentarieerd in de rapportage.



- Vul de lange tabel uit stap **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** aan met een kolom voor de meteostratificatie. Bepaal voor elk uur de meteoklasse M1 tot en met M4 op basis van de windsnelheid en -richting.
- Maak hulptabellen per etmaalperiode met op elke regel een meetdag; zie onderstaande voorbeeldtabel. De getoonde waarden voor elke meetdag zijn $L_{p=dag,m,k}$ en $q_{p=dag,m,k}$. De totalen $L_{p=dag,m}$ worden berekend met formule (4.3).

Voorbeeld hulptabel dagperiode

	Dag (7.00-19.00 uur)							
Meetdag k	L_{M1}	q_{M1}	L_{M2}	q_{M2}	L_{M3}	q_{M3}	L_{M4}	q_{M4}
8-jun			72,5	0,09	65,8	0,91		
9-jun	65,5	1,00						
10-jun	63,3	0,17	66,1	0,67	67,8	0,17		
11-jun	61,0	0,17	63,8	0,50	66,8	0,33		
12-jun	65,4	0,92	68,1	0,08				
13-jun	66,6	1,00						
14-jun	66,4	0,58	65,5	0,42				
15-jun	68,6	0,42	63,0	0,33	67,9	0,25		
16-jun	66,5	1,00						
17-jun	67,6	0,75	63,2	0,25				
18-jun	65,5	0,83	64,8	0,17				
19-jun	65,1	0,42	66,2	0,58				
20-jun	68,6	1,00						
$Q_{p=dag,m}$		8,25		3,09		1,66		
$L_{p=dag,m}$	66,6		65,8		66,6			
$U_{p=dag,m}$	1,22		2,29		0,85			

- Maak een meetonzekerheidsberekening per etmaalperiode. Zie onderstaand voorbeeld. De ISO-norm noemt dit het 'meetonzekerheidsbudget'. In het voorbeeld is de meewindrichting 140° (van het zuidoosten naar het noordwesten).

Meetonzekerheidsbudget dagperiode	Herkomst	M1	M2	M3	M4	Resultaat
f_{optreed} bij 140°	Uit tabel 4.3	0,6	0,2	0,1	0,1	
$L_{p=\text{dag},m}$	Overnemen uit hulptabel dagperiode	66,6	65,8	66,6		
$U_{p=\text{dag},m}$		1,22	2,29	0,85		
$L_{p=\text{dag}}$	Formule (4.6)					66,0
$C_{p=\text{dag},m}$	Formule (4.8)	0,69	0,19	0,12		
$\sqrt{(U_{\text{wind}}^2 + U_{\text{nat}}^2 + U_{\text{meteo}}^2 + U_{\text{res}}^2 + U_{\text{slm}}^2)}$						1,7
$U_{p=\text{dag}}$	Formule (4.7)					2,0

9. Bepaal de L_{den} en de bijbehorende meetonzekerheid. Zie het voorbeeld hieronder.

		$p=\text{dag}$	$p=\text{avond}$	$p=\text{nacht}$	Resultaat
L_p	Neem over uit tabellen meetonzekerheidsbudget	66,0	62,1	62,9	
U_p		2,0	2,6	2,3	
L_{den}	Formule (4.9)				69,7
U_{den}	Formule (4.10)				1,7

10. Geef het eindresultaat als volgt op: $L_{\text{den}} = 69,7 \pm 3,4 \text{ dB}$ (95% BI).

Bij een vergelijking van een berekende L_{den} met de gemeten L_{den} wordt altijd dit betrouwbaarheidsinterval betrokken. Daarnaast worden, voor zover mogelijk, de uitgangspunten van de rekenmethode betrokken die kunnen leiden tot verschillen tussen rekenen en meten. Dat laatste is nodig omdat van de berekende waarde geen betrouwbaarheidsinterval bekend is.

6.6.3 Metingen in afwijkende situaties

In situaties die afwijken van de voorwaarden voor de eenvoudige methode uit paragraaf 4.1.1, is het soms mogelijk om met enkele controles of aanpassingen toch de aanpak van de eenvoudige methode te volgen. Bij rapportage-items 8 en 12 moet daarop worden ingegaan. Het gaat dan bijvoorbeeld om metingen op korte afstand voor een reflecterende gevel. Annex B van de ISO-norm geeft aan op welke wijze dergelijke metingen worden gecorrigeerd en welke aanvullende meetonzekerheid daarvoor geldt. Een ander voorbeeld betreft situaties waarin de meetafstand D (veel) groter is dan $20 (h_s + h_r)$. In dat geval kan de eenvoudige meteostratificatie van tabel 4.2 en tabel 4.3 niet worden gebruikt. Annex A van de ISO-norm geeft aan hoe de meteostratificatie dan moet gebeuren en Annex F.1 laat zien welke onzekerheid daarmee gepaard gaat.

In situaties die geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode vallen, wordt de ISO-norm onverkort gevolgd, zij het dat daarbij enkele specifieke uitgangspunten gelden voor de Nederlandse situatie. In paragraaf 4.1.3 zijn deze uitgangspunten vermeld.

6.6.4 Toepassing van de methode voor meting en modellering van bruggen

De methode kan worden gebruikt voor stalen bruggen met eventuele geluidschermen of geluidafschermende delen, onder de aanname dat het geluidsscherm alleen effect heeft op het rolgeluid (de dipoolbronnen). Ook kan de methode worden gebruikt om het effect van de plaatsing van een geluidsscherm te bepalen. Wel is voorzichtigheid geboden bij toepassing van hoge schermen (hoger dan 4 m), doordat andere effecten een rol kunnen gaan spelen, zoals geluidafstraling door het scherm zelf.

Bij betonnen kunstwerken is de emissie ten gevolge van rolgeluid én bruggeluid verwerkt in de bovenbouwcorrectie. Deze werkwijze kan worden toegepast in situaties met geluidsschermen of

afschermende delen met een hoogte tot 2 m boven de bovenkant van de spoorstaven. Bij toepassing van schermen hoger dan 2 m op een betonnen kunstwerk is de methode voor meting en modellering van bruggen bruikbaar, waarbij een vlak brugbijdragefilter van 0 dB¹ voor alle octaafbanden moet worden gehanteerd. Bij twijfel of een kunstwerk moet worden aangemerkt als een betonnen of als een stalen kunstwerk is de constructie van het brugdek (de brugonderdelen direct onder de spoorstaafbevestiging of de ballast) maatgevend. Voor bruggen korter dan 10 m hoeft de methode niet te worden toegepast omdat deze niet als een apart deeltraject in rekening worden gebracht.

Voor situaties waarbij nader onderzoek is vereist omdat het brugaandeelfilter niet toepasbaar is (zie bovenstaande opmerkingen) is het mogelijk om met een methode voor het bepalen van het rolgeluid (zoals opgenomen in de paragrafen 2.4 en 2.4.6 van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006) het brug- en rolgeluidaandeel te meten.

Aangegeven is dat bij meersporige bruggen kan worden volstaan met meting van de toeslag van één spoor, mits het gelijkwaardige sporen zijn. Dit is ook van toepassing voor de zogenaamde 'aanbruggen', situaties waarbij de brug in de lengterichting uit meerdere delen bestaat. Ook dan kan onder de voorwaarde dat het gelijkwaardige brugdelen zijn, volstaan worden met meting van één deel.

Correctie voor afwijkende spoorstaafrouwheid

Wat betreft spoorstaafrouwheid moet voorkomen worden dat een niet-representatieve situatie beoordeeld wordt. De geluidemissiegetallen van een doorgaand spoor (tabel 3.1) zijn gebaseerd op de referentieruwheid die is afgeleid uit de gemiddelde spoorstaafrouwheid in Nederland. Dit is consistent met het onderhoudsregime van het spoor: zeer ruwe spoorstaven wordt op een gegeven moment geslepen en dan is het weer een tijdje glad. Er is echter niets bekend over de gemiddelde spoorstaafrouwheid op stalen bruggen en de aanname dat de actuele spoorstaafrouwheid representatief is voor de brug is plausibel. Bij het bepalen van de brugtoeslag wordt wel een ruwheidscorrectie toegepast voor de meetdoorsnede op de aardebaan, maar niet voor de brug. De brugtoeslag is dan dus deels het gevolg van de brugconstructie en deels van de hoge spoorstaafrouwheid. Deze keuze heeft twee consequenties:

1. De berekende geluidniveaus in de omgeving van de brug zo goed mogelijk overeenkomen met de werkelijk waar te nemen niveaus;
2. Het slijpen van de spoorstaven op de brug als geluidreducerende maatregel meegenomen worden; in dit geval moet ook bij de meetdoorsnede op de brug de spoorstaafrouwheid worden bepaald volgens NEN-EN-ISO 3095:2013.

6.6.5 Meetmethode emissies trams

De basis voor deze aangepaste meetmethode voor trams zijn de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006, NEN-EN-ISO 3095:2013, EN 15610: 2019 (directe wiel en railruwheidsmeting), CEN TR 16891: 2016 (meting van gecombineerde ruwheid uit railtrillingen) en de meest recente inzichten uit de CEN werkgroep Railway Source Terms (meting van brontermen, stand 2019).

Bij geluidemissiemetingen aan trams wordt gemeten op ballastspoor onder gecontroleerde omstandigheden met een bekende railruwheid. Er wordt bij voorkeur over ballast heen gemeten (verre spoor) in verband met de reproduceerbaarheid van metingen. Daarnaast wordt zowel op 1,2 m als 3,5 m hoogte boven het rail loopvlak en 7,5 m uit het hart van het meetspoor, om de invloed van bodemreflecties te minimaliseren. De geluidemissie op andere spoortypes wordt met SRM II berekend door middel van een bovenbouwcorrectie en eventueel een ruwheidscorrectie. De bovenbouwcorrectie voor tramsporen wordt in analogie met die voor treinen.

Uitgangspunt voor bronhoogtes is alleen de laagste bron op 0 m voor trams met afscherming van de wielen en de aandrijving.

6.6.6. Reken- en meetvoorschrift diffractor op een geluidscherm.

Op basis van metingen en numerieke berekeningen (FEM-PE) is het effect van de diffractor op korte en grote afstand bepaald. Aan de hand van deze resultaten is een rekenregel opgesteld die geschikt is binnen het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode.

Uit de FEM-PE sommen bleek een relatie te liggen tussen het extra effect van de diffractor en het Fresnelgetal (N_f). De relatie is onderzocht voor verschillende type diffractoren, die op verschillende frequenties waren afgesteld. Deze relatie bleek nauwelijks af te hangen van de octaafband: wel was er een verschil al naar gelang er een versterking optreedt vanwege de diffractor of een verzwakking.

Bij het toepassen van een diffractoreffect op een scherm wordt geen profielcorrectieterm in rekening gebracht. Het toepassingsbereik van de methode bij een diffractor op scherm beperkt zich tot schermen waarvan de profielcorrectie CP gelijk is aan 0 in de situatie dat op dat object de diffractor zelf niet zou zijn toegepast.

Naast een rekenregel is ook een meetmethode voor het bepalen van het diffractoreffect vastgelegd. Als basis voor deze meetmethode wordt NEN-EN 1793-4 gebruikt. Er is wel gebleken dat er ten opzichte van deze methode een kleine aanpassing noodzakelijk was. De norm gaat uit van een energetische middeling van het diffractoreffect van alle meetposities. Het blijkt dat de bovenste meetposities ertoe leiden dat er een relatief klein diffractoreffect wordt gemeten waardoor de relatie met het Fresnelgetal niet goed is te leggen. Met een lineaire middeling over de meetpunten is er wel een goede relatie.

5.7 Lijst van symbolen

Symbool	Eenheid	Omschrijving	Paragraaf
α	–	Geluidsabsorptiecoëfficiënt van het object in de octaafband	3.9
ζ	Graden	De hoek van de voortplantingsrichting van het geluid tov een windroos (0° is van Noord naar zuid, 90° is oost naar west, etcetera)	3.5
δ_{lucht}	dB/m	Luchtdempingscoëfficiënt	3.5
δ_{refl}	dB(A)	De niveaureductie ten gevolge van één reflectie	3.9
ε	m	Akoestische omweg	3.6
Φ	°	De openingshoek van de sector	3.4
φ	°	De hoek tussen de gemiddelde windrichting tijdens de meting en de kortste verbindinglijn tussen het waarneempunt en het spoor	3.2
Θ	°	De hoek die het sectorvlak maakt met het bronlijnsegment	3.4
γ	–	Functies die gebruikt worden om de bodemdemping te berekenen	3.5
$\frac{a+Q}{2}$	–	Fractie van het scherm dat geluidsabsorberend uitgevoerd is	3.3
a		Emissiekental	2.4
$A_{i,s,diff}$	dB	De producteigenschap van een diffractor op een	5.2

		geluidsscherm voor octaafbandindex i	
b		Emissiekental	2.4
bb	–	Index voor bovenbouwconstructie	2.2, 2.3
B_b	–	Absorptiefractie van het brongebied	3.5
B_m	–	Absorptiefractie van het middengebied	3.5
B_w	–	Absorptiefractie van het waarneembied	3.5
c	–	Spoorvoertuigcategorie	2.4
C_{bb}	dB(A)	De correctie vanwege de bovenbouw	2.4
C_M	dB(A)	Meteocorrectieterm	3.5
C_d	dB(A)	Meteocorrectieterm voor de dag en avond periode	3.5
C_{en}	dB(A)	Meteocorrectieterm voor de nachtperiode	3.5
$C_{S,diff}$	dB	Correctieterm voor een diffractor op een geluidsscherm	3.6, 5.2
$C_{spoorconditie}$	dB(A)	De correctie wegens de invloed van de conditie van het spoor op de geluidemissie	2.4
$C_{ruwheid}$	dB(A)	Coëfficiënt voor het in rekening brengen van afwijkende ruwheid	2.4
C_p	dB(A)	Profielafhankelijke correctieterm	3.3
~~$C_{p,m}$~~		Gevoeligheidscoëfficiënten voor de meetonzekerheid ~~$u_{p,m}$~~	4.1
D_B	dB(A)	Bodemdemping	3.5
$DI_{j,k,b,h,t}$	dB	Diffractie index voor 1/3 octaafband j, meetpositie k, hoek h en hoogte bron b.	5.3
DI_j	Db	Diffractieindex van een diffractor op een geluidsscherm voor 1/3 octaafband j	5.3
D_L	dB(A)	Luchtdemping	3.5
$DL_{a,rail}$	dB	Spoorspecifieke absorptie	3.7
$DL_{R,rail}$	dB	Spoorspecifieke geluidisolatie	3.8
E_{motor}	dB(A)	Emissie vanwege motorgeluid	2.4
E_{rem}	dB(A)	Emissie van remmende spoorvoertuigen	2.4
E_{aero}	dB(A)	Emissie vanwege aerodynamisch geluid	2.4
$E_{koeling}$	dB(A)	Emissie vanwege koeling	2.4
f	Hz	Werkelijke geluidsfrequentie	2.4
f_{oct}	Hz	Octaafband gemiddelde frequentie	2.4
$f_{terts1}, f_{terts1}, f_{terts3}$		Tertsband gemiddelde frequenties van een octaafband	2.4
$f_{optreed}$		Optreedfrequentie per sectorhoek van de meewindcomponent in De Bilt	4.1
H	–	Effectiviteit van het scherm	3.6

h_b	m	De hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied	3.5
$H_{correctie, \Delta overdracht}$ $H_{correctie, \Delta overdracht}$		Verskil in overdrachtsverzwakking tussen meting op brug en bij de aarden baan	4.2
h_s	,	Werkelijke hoogte van het geluidsscherm ten opzichte van BS	3.3
$h_{s,eff}$	m	Effectieve schermhoogte ten opzichte van BS t.b.v. de modellering	3.3
h_e	m	Effectieve schermhoogte	3.6
h_T	m	De hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het plaatselijke maaiveld	3.6
h_w	m	De hoogte van het waarneempunten boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneembeid	3.5
H_{brug}	dB	Empirische brugbijdragefilter	4.2
H_{tot} H_{col}	dB	Toeslag op het rolgeluid bij een kustwerk	4.2
i	–	Octaafbandindex	2.4, 3.2
j	–	Aanduiding van een sector	3.2
K	–	Het snijpunt van het scherm met de zichtlijn	3.6
L	–	Het snijpunt van het scherm met een gekromde geluidsstraal die onder meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt	3.6
L		Ruwheid (van spoorstaven of wielen van spoorvoertuigen)	2.4
L'	dB(A)	Uurgemiddelde ruwe meetwaarde	4.1
L_{res}	dB(A)	Uurgemiddelde waarde voor residueel geluid	4.1
L	dB(A)	Uurgemiddelde voor residueel geluid gecorrigeerde meetwaarde	4.1
L_p	dB(A)	Jaargemiddeld geluidniveau per etmaalperiode gebaseerd op metingen	4.1
L_{Aeq}	dB(A)	Equivalent geluidsniveau	3.2
$L_{Aeq,br,c,i,k}$	dB(A)	Meetresultaat bij de brug	4.2
$L_{Aeq,br,c,i,k}$	dB(A)	Meetresultaat bij de aardebaan	4.2
L_E^{bs}	dB(A)	Geluidemissiegetal op de hoogte van de bovenkant van het spoor	2.1, 2.4, 4.2
L_E^{as}	dB(A)	Geluidemissiegetal op een hoogte van 0,5 m boven de bovenkant van het spoor	2.1, 2.4, 4.2
L_E^{2m}	dB(A)	Geluidemissiegetal op de hoogte van 2,0 boven de bovenkant van het spoor	2.1, 2.4
L_E^{4m}	dB(A)	Geluidemissiegetal op de hoogte van 4,0 boven de bovenkant van het spoor	2.1, 2.4

L_E^{5m}	dB(A)	Geluidemissiegetal op de hoogte 5,0 boven de bovenkant van het spoor	2.1, 2.4
$L_{eq,i}$	dB(A)	Het A-gewogen equivalente geluidsniveau in octaafband i	3.10
~~$L_{E,brug-kunstwerk}$~~ ~~$L_{E,brug-kunstwerk}$~~	dB(A)	Het gedeelte van de geluidemissie van de brug dat wordt toegekend aan het kunstwerk	4.2
~~$\Delta L_{I,brug-rol}$~~ ~~$\Delta L_{I,brug,c,i}$~~	dB(A)	Gemeten immissietoeslag van een brug	4.2
~~$L_{E,brug-rol}$~~ ~~$L_{E,brug-rol}$~~	dB(A)	Rolgeluidbijdrage op een kunstwerk	4.2
~~$\Delta L_{E,brug-rol}$~~ ~~$\Delta L_{E,brug-rol}$~~	dB(A)	Toeslag op de geluidbron op BS en AS hoogte bij een brug waarbij een bovenbouw wordt gemodelleerd als $bb=1$	4.2
$\Delta L_{E,brug-kunstwerk}$	dB(A)	Geluidemissie ten gevolge van de afstraling van het kunstwerk	4.2
$\Delta L_{I,brug,1^e}$ schatting, c,i	dB(A)	Berekende eerste schatting van brugtoeslag op meetpunten ten behoeve van bepalen overdrachtsverzwakkingscorrectie	4.2
~~$L_{E,totaal}$~~ ~~$L_{E,totaal}$~~	dB(A)	De geluidemissie op een kunstwerk alsof er geen geluidemissietoeslag is	4.2
~~$L_{E,totaal,brug}$~~ ~~$L_{E,totaal,brug}$~~	dB(A)	De totale emissie op een kunstwerk	4.2
ΔL_F	dB(A)	De niveaureductie als gevolg van de eindige afmetingen van de reflecterende vlakken	3.9
ΔL_{GU}	dB(A)	Geometrische uitbreidingsterm	3.2
$\Delta L_{E,brug}$	dB(A)	De geluidemissietoeslag vanwege een kunstwerk	4.2
~~$L_{\lambda,rtr,feitelijk}$~~ ~~$L_{\lambda,rtr,feitelijk}$~~	mm	Feitelijke Spoorstaafwuidheid	2.4
~~$L_{\lambda,rtr,ref}$~~ ~~$L_{\lambda,rtr,ref}$~~	mm	Referentie spoorstaafwuidheid	2.4
~~$L_{\lambda,rveh,c}$~~ ~~$L_{\lambda,rveh,c}$~~	mm	Wielwuidheid	2.4
$L_{overstand}$	dB(A)	Bijdrage aan het equivalent geluidniveau vanwege overstand	3.2
ΔL_{OD}	dB(A)	Overdrachtsverzwakking	3.2
ΔL_{SW}	dB(A)	Schermwuidwerking	3.2, 3.6
ΔL_R	dB(A)	Niveaureductie t.g.v. reflecties	3.2, 3.9
$\Delta L_{R,abs}$	dB(A)	Niveaureductie op als gevolg van absorptie bij de reflecties	3.9
m	–	Index voor mate van voorkomen spoorstaafonderbreking en wissels	2.2, 2.3
N_f	–	Fresnelgetal	3.6
N_{refl}	–	Het aantal reflecties tussen bron- en waarneempunt	3.9
n	–	Bronpunt	3.2

p	%	Snelheidsprofiel	2.3, 2.4
Q	h^{-1}	De gemiddelde aantal rekeneenheden van spoorvoertuigen	2.3
r	m	De afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn	3.4, 3.6
r_o	m	De horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt	3.5, 3.6
r_L	m	De som van de lengtes van de lijnstukken BL en LW	3.6
r_T	m	De som van de lengtes van de lijnstukken BT en TW	3.6
r_w	m	De horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm	3.6
S_b	–	De effectiviteit van de bodemdemping in het brongebied	3.5, 3.6
S_F		Maat voor de verticale afmeting van de Fresnelellipsoïde ter plaatse van (de voet van) het reflecterende oppervlak	3.9
S_r		Maat voor het gedeelte van S_F dat ligt tussen de voet en de top van het reflecterende oppervlak	3.9
S_w	–	De effectiviteit van de bodemdemping in het waarneembeid	3.5, 3.6
T	°	De tophoek van de dwarsdoorsnede van het object	3.6
~~$U_{p,m}$~~	dB(A)	De totale meetonzekerheid voor L_p	4.1
~~$U_{p,m}$~~	dB(A)	Standaardafwijking die de gecombineerde onzekerheid in emissie en meteorologische omstandigheden representeert	4.1
U_{wind}	dB(A)	De onzekerheid door het schrappen van uurwaarden met te harde wind.	4.1
U_{nat}	dB(A)	De onzekerheid als gevolg van het meten tijdens periodes met een natte windbol.	4.1
U_{meteo}	dB(A)	De onzekerheid in het bepalen van de juiste meteoklasse	4.1
U_{res}	dB(A)	De onzekerheid in het bepalen van het residueel geluid op basis van L_{90} of L_{95} tijdens onbemande metingen.	4.1
U_{slm}	dB(A)	De meetonzekerheid van de meetketen	4.1
~~U_{den}~~	dB(A)	De meetonzekerheid van door metingen vastgesteld L_{den}	4.1
v	km/u	De gemiddelde snelheid van de spoorvoertuigen	2.3
V_{wind}	m/s	Uurgemiddelde windsnelheid	4.1
V_{mee}		Uurgemiddelde meewindcomponent windsnelheid	4.1
W	--	Snelheidsafhankelijk Verdeling emissie tussen ashoogte en bovenzijde spoorstaafhoogte voor hoge snelheidstreinen	2.4
W_{max}	m/s	Toegestane windsnelheden	4.1
z_0	m	De hoogte van de zichtlijn van de bron ter plaatse van	

		het waarneempunt	
z_b	m	De hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil	3.6
z_c	m	De hoogte van de kromme C ten opzichte van het referentiepeil ter plaatse van het waarneempunt	
z_k	m	De hoogte van punt K (snijpunt scherm en zichtlijn) ten opzichte van het referentiepeil	3.6
z_l	m	De hoogte van punt L (snijpunt scherm en gekromde geluidsstraal) ten opzichte van het referentiepeil	3.6
z_t	m	De hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil	3.6
z_w	m	De hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil	3.6

¹ Hiernaar moet nader onderzoek verricht worden. Dit brugbijdragespectrum zal in het algemeen tot conservatieve resultaten leiden.

BIJLAGE IVh BIJ DE ARTIKELEN 3.21, EERSTE LID, ONDER A, EN 3.23, EERSTE LID, ONDER A EN E, 6.6, EERSTE EN TWEEDE LID EN 8.22, EERSTE EN TWEEDE LID, VAN DEZE REGELING (MEET- EN REKENMETHODE GELUID INDUSTRIE)

1 Algemeen

1.1 Structuur van meet- en rekenmethode geluid industrie

De meet- en rekenmethode geluid industrie is opgebouwd uit twee methoden. Het toepassen van Methode I is bedoeld voor een akoestisch eenvoudige situatie, waarbij geen spectrale informatie is benodigd. Methode II is bedoeld voor akoestisch complexere situatie, waarbij spectrale informatie benodigd is.

In hoofdstuk 2 zijn voorschriften voor zowel methode I als II opgenomen zover deze betrekking hebben op metingen. In hoofdstuk 3 zijn de voorschriften voor zowel methode I als II opgenomen ter bepaling van de geluidoverdracht tussen geluidbron en beoordelingspositie. In hoofdstuk 4 zijn de voorschriften ter bepaling van de beoordelingsgrootheden voor het geluid van activiteiten plaatsvinden. In hoofdstuk 5 zijn de voorschriften ter bepaling van de beoordelingsgrootheden voor het geluid van activiteiten die op een industrieterrein plaatsvinden. De bepaling van de beoordelingsgrootheden voor activiteiten die buiten of binnen een industrieterrein plaatsvinden is gelijk voor methode I en II.

De keuze voor het toepassen van methode I of methode II berust vooral op het toepassingsgebied. Dit toepassingsgebied wordt in paragraaf 1.2.1 en 1.2.2 toegelicht. Als uitgangspunt geldt dat binnen het toepassingsgebied van methode I een gelijkwaardig resultaat wordt bereikt als met methode II.

In tabel 1.2 zijn samenvattend de kenmerken gegeven van de beide meet- en rekenmethoden.

1.2 Toepassingsgebied methode I en II

1.2.1 Toepassingsgebied

Methode I kan worden toegepast voor activiteiten waar voor de beoordeling van de geluidssituatie een eenduidige bedrijfssituatie kan worden gedefinieerd. Als dat van toepassing is moet de bedrijfssituatie op ondubbelzinnige wijze kunnen worden onderverdeeld in representatieve bedrijfstoestanden die voor het verrichten van metingen en berekeningen relevant zijn. Uit beide beschrijvingen moeten op herleidbare en controleerbare wijze de beoordelingsgrootheden kunnen worden vastgesteld.

Methode I is bedoeld voor:

- immissiemetingen bij verlening van een omgevingsvergunning en bij controle van activiteiten die zijn toegelaten op grond van een omgevingsplan of omgevingsvergunning;
- emissiemetingen en overdrachtsberekeningen in eenvoudige situaties bij activiteiten. Dit kan noodzakelijk zijn in situaties waar dusdanig hoge stoorgeluidniveaus op het beoordelingspunt optreden dat immissiemetingen aldaar niet mogelijk zijn.

Methode I kan worden toegepast op:

- meerdere activiteiten die beschouwd worden als één activiteit;
- afzonderlijke activiteiten;
- een bepaalde geluidbron of installatie, bijvoorbeeld ter controle van ontwerpspecificaties of leveranciergaranties.

Methode I kan niet worden toegepast voor de vaststelling van geluid door industrieterreinen waar geluidproductieplafonds gelden, maar binnen de daarvoor geldende randvoorwaarden wel voor het indicatief vaststellen of een activiteit op een dergelijk industrieterrein inpasbaar is binnen het geluidproductieplafond.

Voor immissiemetingen volgens methode I.1 gelden de volgende voorwaarden:

- bron- en ontvangerafstanden tot 150 m;
- alle relevante bronnen behorend tot een gedefinieerde bedrijfstoestand moeten tegelijkertijd binnen het meteoraam kunnen worden gemeten;
- de akoestisch relevante bedrijfstoestanden ten behoeve van het bepalen van de 'langtijdgemiddeld deelgeluidniveaus' kunnen eenduidig worden gedefinieerd;
- ter plaatse van de meetlocatie mag er geen significante stoorgeluidbeïnvloeding aanwezig zijn, of moet daarvoor te kunnen worden gecorrigeerd volgens de omschreven methode (zie paragraaf 2.1.1).

Voor overdrachtsberekeningen kan de methode worden toegepast voor afstanden tussen bron en ontvanger tot 500 m mits rekening wordt gehouden met een afnemende nauwkeurigheid bij toenemende afstand tot de geluidbron of activiteit.

De randvoorwaarden van de submethoden worden bij de verschillende hoofdstukken specifiek vermeld.

1.2.2 Toepassingsgebied methode II

In die situaties waarin methode I niet kan worden toegepast, wordt methode II gebruikt. De submethoden van methode II kennen geen algemene beperkingen met betrekking tot afstand, beoordelingshoogte, omvang van activiteiten en spectrale inhoud van het geluid. De desbetreffende randvoorwaarden worden specifiek bij iedere submethode gegeven.

Methode II geldt in principe voor immissiemetingen bij afzonderlijke of combinaties van activiteiten met sterk wisselende bedrijfstoestanden gedurende het jaar, het etmaal of delen daarvan. Ook bij situaties waar sprake is van veel bronnen en objecten wordt methode II gebruikt. Methode II wordt ook toegepast voor het vaststellen van geluid van industrieterreinen waar geluidproductieplafonds gelden.

1.3 Nauwkeurigheid van methode I en II

1.3.1 Vereiste meetnauwkeurigheid

In tabel 1.1 zijn richtwaarden gegeven voor de nauwkeurigheid die gehanteerd moeten worden bij verschillende grootheden. Algemeen uitgangspunt is dat door onnauwkeurigheden in afstanden, geometrieën, tijdsperioden en aflezingen van geluidsmeters of apparatuur die de geluidsgegevens verwerkt, in het eindresultaat geen grotere fout veroorzaakt wordt dan 1 dB.

De grootste fouten treden met name op bij de vaststelling van de tijdsduur van een bedrijfstoestand. In hoeverre deze fouten doorwerken in het eindresultaat hangt af van de relatieve bijdrage van de verschillende bronnen. De te stellen nauwkeurigheid aan de bedrijfsduur hangt dus mede af van de mate waarin een bron bepalend is voor het eindresultaat.

Tabel 1.1 Minimale vereiste nauwkeurigheid

Grootheid	Vereiste nauwkeurigheid
Afstand	5%
Oppervlak	10%
Tijdsperioden	10%

Gemiddelde windsnelheid	30% of 1 m/s
Gemiddelde windrichting	20°
Afleen nauwkeurigheid bij geluidsniveaubepaling	0,5 dB ¹

¹ De afleen nauwkeurigheid speelt geen rol als gebruik wordt gemaakt van integrerende geluidsniveaumeters (Leq-bepaling) met digitale aflezing.

1.3.2 Verwaarlozingscriterium

Als algemene stelregel wordt gehanteerd dat door verwaarlozing van bijdragen tot het geluidniveau het eindresultaat met niet meer dan 1 dB wordt beïnvloed.

De verwaarlozing kan onder meer betrekking hebben op de volgende geluidbijdragen:

- Deelbronnen. Als de gezamenlijke bijdrage van de te verwaarlozen deelbronnen meer dan 7 dB onder het eindresultaat van de berekening ligt, kunnen deze bronnen worden verwaarloosd.
- Bepaalde frequentiebanden (alleen bij methode II). Als de gezamenlijke bijdrage van bepaalde frequentiebanden meer dan 7 dB onder het eindresultaat van de berekening ligt, kunnen deze banden buiten beschouwing worden gelaten. Vaak blijkt dat de geluidsniveaus in de octaafbanden 31,5 en 8.000 Hz voor de bepaling van de geluidsniveaus kunnen worden genegeerd.
- Reflecties. Als aangetoond kan worden dat de totale bijdrage van reflecties meer dan 7 dB onder het reeds bepaalde geluidniveau ligt, kunnen deze worden verwaarloosd.

Er moet op worden toegezien dat door opeenstapeling van verwaarlozingen de algemene stelregel in de eerste zinsnede geen geweld wordt aangedaan.

1.4 Samenvatting methode I en II

Tabel 1.2 Kenmerken van methode I en II

Aspect		Methode I	Methode II
Algemene aspecten	Toepassing	Immissiemetingen ($r_i < 150$ m) bij vergunningverlening en controle hiervan Controle aan geluidgrenswaarden uit omgevingsplan Indicatief vaststellen inpasbaarheid activiteiten binnen industrieterrein Emissiemetingen en overdrachtsberekeningen in eenvoudige situaties	Immissiemetingen en emissiemetingen met overdrachtsberekeningen in complexe situaties.
	Stijl van het voorschrift	In principe eenduidige interpretatie, receptmatig	Geeft de randvoorwaarden aan waaraan de gebruikers zich moeten houden, veel keuzevrijheid, maar keuze moet kort en deskundig gemotiveerd worden
	Spectrale gedetailleerdheid	Geen (alleen dB(A)-waarden)	Bij voorkeur in octaafbanden, des gewenst in smallere frequentiebanden

	Aspect	Methode I	Methode II
Akoestische aspecten	Stoorgeluid	Correctie mogelijk, mits op eenvoudige wijze uitvoerbaar	Naast correctie ook gebruik van speciale apparatuur voor onderdrukking van stoorgeluidbijdrage
	Meteoraam / meteocorrectie	Ja	Ja, ook mogelijkheid om buiten het meteoraam te meten door verrichten van veel metingen
	Apparatuur / outillage	Geluidniveaumeter IEC 651 type 1 met A-filter, integrerende apparatuur, rekenfaciliteiten, lossless audioregistratie	Als bij methode I, eventueel aangevuld met: sm alle band-analyse, trillingmeters, richtingsgevoelige microfoons, FFT, intensiteitsmeetapparatuur, correlatiemeetmethoden, antennetechnieken
Immissie	Immissiemeting	In dB(A) Minimum aantal metingen, energetisch gemiddelde	Als methode I In dB(A), ook in octaafbanden, desgewenst in smallere banden
	Extrapolatiemethode	Dampingsterm voor geometrische uitbreiding, luchtdamping en bodemverzwakking in dB(A)	Correctieterm met alle relevante termen uit het overdrachtsmodel
Emissie	Geconcentreerde bronnen	Ja, binnen randvoorwaarden	Ja, binnen randvoorwaarden
	Random-methode	Nee	Toepasbaar onder bepaalde randvoorwaarden aan richtingsafhankelijkheid en terreinoppervlak
	Aangepast meetvlak	Ja, binnen randvoorwaarden	Ja
	Andere methoden	Nee	Geeft randvoorwaarden en aanwijzingen omtrent specialistische emissiemethoden. Specifiek o.a.: • de mogelijkheid geluidoverdracht door gebouwwanden te berekenen • snelheidsmetingen op vlakken • intensiteitsmetingen
Overdracht	Overdrachtsmodel	Geometrische uitbreiding, luchtdamping, eenvoudige reflecties, ten hoogste één scherm met eenvoudige geometrie en maximum verzwakking 5 dB (indicatief en conservatief), bodemverzwakking	Geometrische uitbreiding, luchtdamping, reflecties, afscherming (meer schermen, maximum 20 dB verzwakking per scherm), vegetatie, afscherming op fabrieksterrein, bodemverzwakking
	Metten van overdracht	Nee	Ja (substitutiemethode)

Aspect		Methode I	Methode II
	Hybride methoden	Nee	Door vergelijking van meet- en berekeningsresultaten kunnen deskundigen de lokale situatie beter in rekening brengen dan dit op grond van een algemeen overdrachtsmodel kan geschieden

2 Metingen en vaststellinggeluidvermogen

2.1 Aspecten bij uitvoering van metingen

2.1.1 Stoorgeluid

Algemeen

Stoorgeluid is al het geluid, dat niet van de te onderzoeken bron afkomstig is. Het geluid van de te onderzoeken bron wordt signaal genoemd. De sterkte van het stoorgeluid bepaalt mede de toe te passen methode. Stoorgeluid kan namelijk het met en op kortere afstand van de bron noodzakelijk maken. Geluid van een (deel)bron is immers alleen te bepalen als zó dicht bij de (deel)bron wordt gemeten, dat het signaal het stoorgeluid afkomstig van de andere (deel)bronnen overheerst. Als lage geluidsniveaus worden gemeten (30-50 dB(A)) is ook stoorgeluid veroorzaakt door de wind van belang: direct door windruis op het microfoonkapsel, indirect door het ruisen van bomen en dergelijke. Vooral als het signaal in enkele octaafbanden is geconcentreerd, kan, hoewel dit signaal goed hoorbaar is, het geluidsniveau in dB(A) toch mede bepaald worden door wind. Daarnaast kunnen geluiden van natuurlijke oorsprong in een octaafband aan zienlijke stoorniveaus opleveren (vogelgetsjilp: 4 kHz).

De bijdrage van het stoorgeluid is en blijft een onzekere factor. Daarom is het vereist de meetmethode en de meetcondities zo te kiezen, dat de invloed van het stoorgeluid minimaal is. Bij alle metingen moet het stoorgeluid kwalitatief worden beoordeeld.

Vermijden van stoorgeluid

Bij de selectie van de meetmethoden en het uitvoeren van de metingen wordt veel aandacht besteed aan het vermijden van stoorgeluid door:

- een geschikte plaats en tijdstip voor het uitvoeren van de metingen te kiezen (bijvoorbeeld rond een continu bedrijf, in verband met verkeerslawaaï, 's nachts meten);
- de metingen te onderbreken tijdens incidenteel optredende stoorgeluiden, zoals passerend verkeer, vogels e.d.;
- geluidbronnen, met uitzondering van de te onderzoeken bron, uit te schakelen;
- het gebruik van speciale apparatuur, zoals richtmicrofoons en intensiteitsmeters. Dit wordt in methode II behandeld.

Voor de beoordeling van het stoorgeluid is de microfoonpositie maatgevend. Op oorhoogte kan door afscherming en bodemeffecten een geheel andere geluidssituatie heersen dan bijvoorbeeld op 5 m hoogte.

Als het niet mogelijk is het stoorgeluid te vermijden dan bieden zowel methode I als methode II de mogelijkheid te corrigeren voor het stoorgeluid.

Stoorgeluidcorrectie

De stoorgeluidcorrectie is beperkt tot ten hoogste 3 dB op het totale niveau of 7 dB in een octaafband (methode II). In het laatste geval wordt door deze correctie het totale niveau niet met meer dan 3 dB gecorrigeerd.

Het niveau van het stoorgeluid moet zo mogelijk op verschillende manieren worden vastgesteld, onder andere door (in volgorde van afnemende nauwkeurigheid):

- de te onderzoeken bron, zo mogelijk intermitterend, aan en uit te zetten. Met name als het stoorgeluid niet constant in de tijd is, kan door het intermitterend aan- en uitzetten van de bron in meerdere perioden het stoorgeluid worden vastgesteld;
- tegelijkertijd onder identieke omstandigheden het stoorgeluid te meten op een punt, dat verder van de bron verwijderd is (bijvoorbeeld op grotere afstand van activiteiten, maar op vergelijkbare afstand tot de verkeersweg als stoorgeluidbron);
- emissiemetingen nabij de stoorbronnen te verrichten en de geluidbijdrage daarvan op het immissiepunt door middel van overdrachtsberekeningen te bepalen.

Voor de wijze van uitvoeren van de stoorgeluidcorrectie wordt verwezen naar paragraaf 2.2.3.

2.1.2 Weeromstandigheden en meteoraam

De weersomstandigheden tijdens de metingen mogen een betrouwbare werking van de apparatuur niet in de weg staan of tot een geluidoverdracht leiden die niet als representatief te beschouwen is. Metingen bij regen, sneeuw, mist of extreem lage of hoge temperatuur moeten daarom worden vermeden.

Windgeruis (direct en indirect door ritselen van bladeren) mag de meting niet beïnvloeden. Als algemene richtlijn geldt dat het windgeruisniveau tenminste 7 dB onder het te meten geluidniveau moet liggen bij het uitvoeren van geluidmetingen.

Als extra richtlijn gelden de in tabel 2.1 gegeven maximale windsnelheden bij geluidmetingen. Voor windgeruis (als vorm van stoorgeluid) wordt in methode I niet gecorrigeerd.

In buitensituaties moet echter altijd de windbol worden gebruikt.

Tabel 2.1 Ten hoogste toegestane windsnelheid op microfoonhoogte (richtwaarden)

Geluidsdrukniveau groter dan	[dB (A)]	30	40	50	60
Windsnelheid tijdens de meting kleiner dan	[m/s]	2	4	6	8

De meteorologische omstandigheden waaronder metingen mogen worden uitgevoerd, zijn gedefinieerd in het meteoraam voor industrielawaai (zie paragraaf 2.2.2).

2.1.3 Typen geluid

Het onderscheiden van het type geluid is van belang voor de wijze waarop geluidmetingen uitgevoerd moeten worden, bijvoorbeeld ten aanzien van de meetduur en de meetinstrumenten. Daarnaast is dit onderscheid van belang voor het eventueel toepassen van toeslagen (zie paragraaf 4.3).

Bij de karakterisering van industriegeluid onderscheidt deze meet- en rekenmethode geluid industrie de volgende typen geluid.

Continu geluid

Een geluid met verwaarloosbaar kleine niveauvariaties. Voor gebruik in het kader van deze meet- en rekenmethode geluid industrie wordt een spreidingsbreedte kleiner dan circa 6 dB aangehouden. Zie figuur 2.1.a.

Fluctuerend geluid

Een geluid waarvan het niveau voortdurend en in belangrijke mate varieert. De variaties kunnen zowel periodiek als niet-periodiek zijn. Zie figuur 2.1.b en figuur 2.1.c.

Intermitterend geluid

Een geluid waarvan het niveau meerdere keren en vaak min of meer regelmatig abrupt terugvalt tot wezenlijk lagere niveaus, bijvoorbeeld dat van het omgevingsgeluid, waarbij het geluidniveau tijdens de verhoging continu is, en aanhoudt gedurende een periode van 1 seconde of meer. Zie figuur 2.1.d.

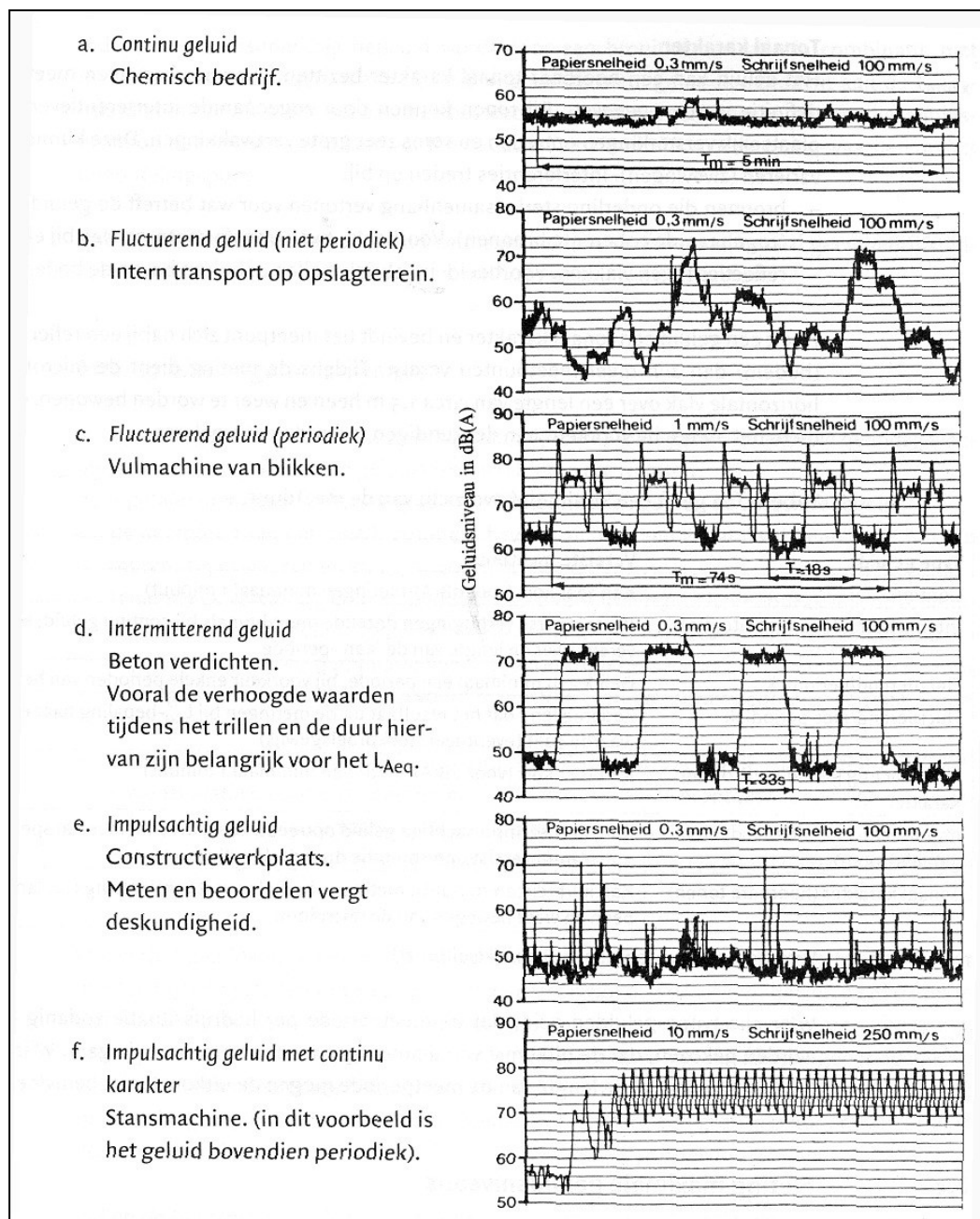
Impulsachtig geluid

Een geluid dat bestaat uit geluidstoten, die minder dan 1 seconde duren. Zie figuur 2.1.e.

Impulsachtig geluid met continu karakter

Een opeenvolging van geluidstoten van vergelijkbaar niveau met tussenpozen van ten hoogste 0,2 seconde. Zie figuur 2.1.f.

Het meten en analyseren van impulsachtig geluid verdient de nodige aandacht. De bijdrage van impulsachtig geluid kan bijvoorbeeld met een aantal typen instrumenten niet correct worden gemeten. De zogenoemde crestfactor van de apparatuur kan onvoldoende zijn (indicatie op de meetapparatuur: overload).



Figuur 2.1 Voorbeelden van typen geluiden

De hierboven aangegeven karakterisering heeft betrekking op het verloop van het geluidsniveau in de tijd. Daarnaast is de frequentie-inhoud van belang.

Tonaal karakter

Het geluid kan een hoorbaar tonaal karakter bezitten. Hiervoor kan geen sluitende meettechnische definitie worden gegeven. Bij tonen kunnen door zogenoemde interferentieverschijnselen plaatselijk versterkingen optreden en soms zeer grote verzwakkingen. Deze kunnen in de tijd variëren (zwevingen). Interferenties treden op bij:

- bronnen die onderling sterke samenhang vertonen voor wat betreft de geluiduitstraling (zogenoemde coherente bronnen). Voorbeeld: twee transformatoren vlak bij elkaar;
- reflecties tegen vlakken. Voorbeeld: in fabriekshallen of buiten boven de bodem.

Als het geluid op het meetpunt hoorbaar een tonaal karakter heeft, moet de microfoon tijdens de meting in het horizontale vlak tenminste twee keer langzaam heen en weer worden bewogen om het gemiddelde niveau te bepalen. De 'zwaaiafstand' hangt af van de golflengte λ van de zuivere tonen in het te meten geluid en bedraagt ten minste een kwart golflengte. Een zwaaiafstand van circa 1,5 m is in het algemeen voldoende.

Tabel 2.2 geeft een kwalitatief overzicht van de meetduur.

Tabel 2.2 Vereiste meetduur voor typen geluid (kwalitatief)

Type geluid	Vereiste meetduur
Continu	Kan zeer kort (voor dB(A)-metingen ten minste 1 minuut)
Intermitterend (aan /uit situatie)	Bij de diverse verhogingen dezelfde meetduur als bij continu geluid; kennis vereist over de lengte van de 'aan'-periode
Fluctuerend/periodiek	Gelijk aan ten minste één periode, bij voorkeur enkele perioden van het ge luid
Fluctuerend/niet-periodiek	Zodanig lang dat het resultaat uit de metingen bij L_{eq} -bepaling naar één waarde gaat (eventueel steekproefsgewijs)
Impulsachtig geluid met continu karakter	Kan zeer kort (voor dB(A)-metingen ten minste 1 minuut)
Impulsachtig geluid (incidentele geluidstoten)	Kan, als het impulsachtige geluid optreedt, zeer kort zijn. Meestal speciale apparatuur vereist, interpretatie door deskundigen
Tonaal karakter (hoorbare tonen)	Kan kort (circa 1 minuut), metingen herhalen met verplaatsing of langzaam heen en weer bewegen van de microfoon

Voor alle typen geluiden geldt dat de meetperiode per bedrijfssituatie zodanig lang moet worden gekozen, dat de uitkomst van de meting naar een vaste waarde gaat. Wijzigingen in het begintijdstip of de lengte van de meetperiode mogen de uitkomst niet beïnvloeden.

2.1.4 Meting maximale geluidsniveaus

Bij immissiemetingen onder meteoraamcondities worden de maximale geluidsniveaus L_{Amax} uit de hoogste meteraflezingen afgeleid door toepassing van de meteocorrectieterm (zie paragraaf 4.4.3). De meteocorrectieterm wordt toegepast voor de bron die bepalend is voor L_{Amax} , rekening houdend met de bronhoogte en afstand van die bron tot het meetpunt.

De bedrijfstoestanden die bepalend zijn voor de equivalente geluidimmissieniveaus hoeven niet bepalend te zijn voor de maximale geluidsniveaus. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn als regelmatig terugkerende en luidruchtige gebeurtenissen, zoals het verwisselen van stalen afvalcontainers, op een andere dag plaatsvinden dan op de dag waarop de representatieve bedrijfssituatie optreedt.

Als de geluidimmissie bepaald wordt door een broninventarisatie in combinatie met overdrachtsberekeningen, moet bij de brongerichte metingen ook aandacht aan de L_{Amax} -waarden van de afzonderlijke bronnen worden besteed. Dit geldt met name voor die geluidbronnen waarvan verwacht kan worden dat deze bepalend zijn voor de L_{Amax} -waarden op het beoordelingspunt.

Daarnaast wordt bij de bepaling van de maximale geluidsniveaus uiteraard geen bedrijfstijdcorrectie toegepast bij niet-continu in bedrijf zijnde bronnen.

2.2 Directe immisiemetingen

2.2.1 Algemeen

Het doel van deze methode is het bepalen van het geluidimmissieniveau onder het toepassingsbereik (zie hoofdstuk 1) genoemde voorwaarden door metingen direct op het

beoordelingspunt, dan wel door metingen op een alternatief punt met een extrapolatieberekening naar het beoordelingspunt.

De onderzoeksresultaten die gebaseerd zijn op meting en die verricht zijn op het beoordelingspunt zullen in het algemeen nauwkeuriger zijn dan de resultaten gebaseerd op metingen die verricht zijn op een alternatief punt in combinatie met extrapolatie-berekeningen. De extrapolatie-berekening introduceert namelijk een extra onnauwkeurigheid.

De immissiemetingen kunnen ofwel in dB(A)-waarden (methode I) of in de octaafbandfrequenties 31,5 Hz – 8.000 Hz en/of eventueel smalbandiger (methode II) worden uitgevoerd.

Als stoorgeluid niet van belang is en de bedrijfstoestand van de bron eenduidig is, verdient de immissiemeetmethode de voorkeur boven andere methoden.

2.2.2 Weersomstandigheden (meteoraam)

Door meteorologische invloeden kan de geluidoverdracht sterk variëren, met name bij afstanden $r_i > 50$ m. Bij afstanden die voldoen aan het criterium $r_i \leq 50$ m en $r_b \leq 10$ ($h_o + h_m$) mag onder alle meteorologische omstandigheden gemeten worden. De weersomstandigheden mogen een betrouwbare werking van de apparatuur evenwel niet belemmeren. Metingen bij regen, sneeuw, mist of extreem lage temperatuur moeten om deze reden zoveel mogelijk worden vermeden. Ook metingen tijdens heldere dagen met hoge temperaturen moeten worden vermeden vanwege onbekende temperatuurseffecten op de geluidoverdracht door warmteafstraling. Ook mag windgeruis de metingen niet beïnvloeden. Als richtlijn geldt dat windgeruis tenminste 7 dB onder het signaal moet liggen.

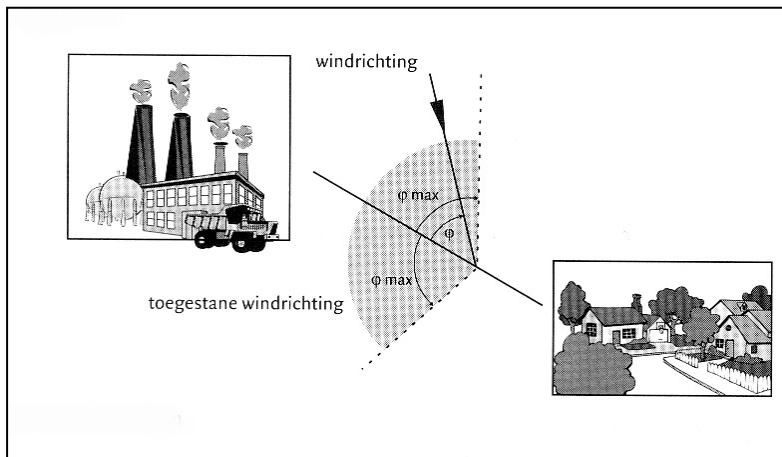
Metingen op grotere afstanden moeten echter onder specifieke meteorologische omstandigheden worden verricht. Deze omstandigheden worden 'meteoraamcondities' genoemd; de randvoorwaarden hierbij zijn in tabel 2.3 gedefinieerd.

Tabel 2.3 Meteoraam industrielawaai

Betreft		Toegestane windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	Toegestane maximum windhoek ϕ [°]
Meteorologische dag	oktober tot en met mei	> 1	60
	juni tot en met september	> 2	60
Meteorologische nacht	meer dan 1/8 bewolkt	> 1	60
	minder dan 1/8 bewolkt	> 0	60

Definities van grootheden die voor het vaststellen van het meteoraam van belang zijn:

- *gemiddelde windsnelheid*: de gemiddelde windsnelheid in het open veld (buiten het invloedsgebied van obstakels) op 10 m hoogte op of nabij de meetlocatie. De windsnelheid wordt bepaald uit metingen tussen 2 en 10 m hoogte. De gemeten snelheid op 2 m hoogte moet met 1,4 en de snelheid op 5 m hoogte met 1,2 vermenigvuldigd worden;
- *gemiddelde windrichting*: deze wordt gemeten buiten de invloed van obstakels in het vrije veld. De meethoogte kan vrij gekozen worden tussen 2 en 20 m;
- *windhoek* ϕ : hoek tussen de lijn van bron naar immissiepunt en de gemiddelde windrichting (zie figuur 2.2);
- *meteorologische dag*: periode tussen een uur na zonsopgang en een uur voor zonsondergang;
- *meteorologische nacht*: periode tussen een uur voor zonsondergang en een uur na zonsopgang.



Figuur 2.2 Toelichting meteoraam

De wijze waarop de meteocorrectieterm berekend moet worden, is uiteengezet in paragraaf 4.4.

2.2.3 Stoorgeluidcorrectie

Als de immissiemeting is beïnvloed door stoorgeluid, wordt uit het gemeten niveau L_i^* (inclusief stoorgeluid) en het gemeten of berekende niveau van het stoorgeluid L_{stoor} het gestandaardiseerde immissieniveau L_i berekend volgens de formules:

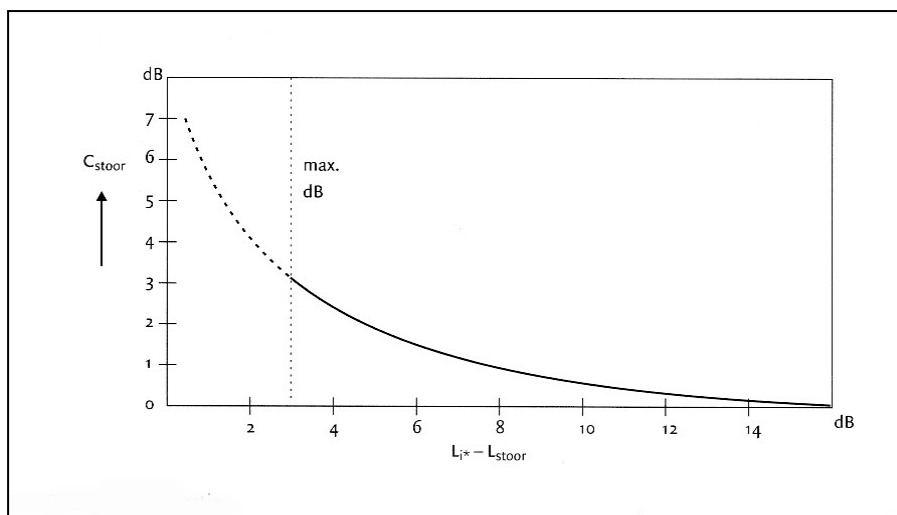
$$L_i = L_i^* - C_{stoor} \quad L_i = L_i^* - C_{stoor} \quad (2.1)$$

$$C_{stoor} = -10 \log \left(1 - 10^{\frac{(L_{stoor} - L_i^*)}{10}} \right) \quad (2.2)$$

De stoorgeluidcorrectie C_{stoor} wordt op elke meting afzonderlijk toegepast.

De stoorgeluidcorrectie kan ook worden afgelezen van figuur 2.3. Hier is op de horizontale as het verschil uitgezet tussen het gemeten geluidniveau van de bron met stoorgeluid L_i^* en het apart bepaalde stoorgeluidniveau L_{stoor} . Op de verticale as is de correctie weergegeven waarmee het gemeten geluidniveau L_i^* moet worden verlaagd om het geluidniveau L_i van alleen de bron te bepalen.

De stoorgeluidcorrectie is beperkt tot ten hoogste 3 dB op het totale niveau of bij toepassing van methode II ook 7 dB in een octaafband. In het laatste geval wordt door deze correctie het totale niveau niet met meer dan 3 dB gecorrigeerd.



Figuur 2.3 Stoorgeluidcorrectie

2.2.4 Keuze meetlocatie

Keuze van de meetlocatie

De gekozen meethoogte moet zoveel mogelijk overeenkomen met de beoordelingshoogte. Als de beoordelingshoogte niet nader is gespecificeerd, geldt voor de meethoogte uit het oogpunt van reproduceerbaarheid de volgende uitgangspunten.

Tabel 2.4 Meethoogte h_m (bij ontbreken van specificaties)

Meetafstand r_i [m]	Meethoogte h_m [m]
≤ 50	$\geq 1,5$ (voorkeur: 5)
> 50	$\geq 5^1$

¹ Om het geluidimmissieniveau ter hoogte van woongebouwen te bepalen moet voor de gevel van de hoogste verdieping waar zich geluidgevoelige ruimten bevinden, worden gemeten op 2/3 verdiepingshoogte. Als echter aannemelijk kan worden gemaakt dat het geluidniveau niet relevant met de hoogte zal toenemen, kan met een meting op 5 m hoogte worden volstaan. Voor éénlaagsbebouwing kan de meethoogte kleiner zijn dan 5 m.

Reflecties

Tenzij uitdrukkelijk anders aangegeven wordt zo mogelijk het invallend geluidniveau gemeten. Als het immissieniveau vóór een gevel moet worden bepaald, wordt op een afstand van 2 m voor het verticale vlak gemeten. Alle vlakken met een elevatie van $\alpha = 70^\circ$ of meer worden als verticaal beschouwd. Als de elevatie minder dan 70° is, wordt er procedureel van uitgegaan dat er geen reflectie plaatsvindt en wordt geen gevelcorrectieterm toegepast (zie paragraaf 4.4.1).

Als het geluid (brom-)tonen bij lagere frequenties bevat, bijvoorbeeld bij transformatorstations, moet de microfoon tijdens de meting rustig over een bereik van circa 1,5 m heen en weer worden gezwaaid. Algemeen kan gesteld worden dat als het geluidniveau gedomineerd wordt door componenten in de onderste vier octaafbanden (31,5 tot en met 250 Hz band) deze zwaaietechniek aan te bevelen is.

2.2.5 Methode I

2.2.5.1 Meetapparatuur

Voor het verrichten van metingen moet men ten minste beschikken over:

- een precisie geluidniveaumeter met A-filter volgens de specificaties voor class 1 van NEN-EN-IEC 61672-1, met een rondomgevoelige microfoon;
- een voorziening voor de bepaling van het equivalent geluidniveau op basis van continue integratie van het signaal ('real time'), dan wel het bemonsteren van het signaal met tijdsintervallen die kleiner zijn dan de tijdconstante van het meetsysteem (bij het meten van impulsgeluiden moet de 'crestfactor' voldoende hoog zijn); daartoe kan een integrerende geluidniveaumeter volgens NEN-EN-IEC 61672-1 gewenst zijn;
- een windkap of een windbol; en
- een windsnelheidsmeter, tenzij op andere wijze betrouwbare informatie over windsnelheden verkregen kan worden.

De geluidniveaumeter moet de mogelijkheid bieden de microfoon los te koppelen van de meter om de microfoon op een statief (tot 5 m hoogte) te kunnen plaatsen. De aanwezigheid van een aansluiting voor een koptelefoon verdient aanbeveling, daar geluidniveaus op 5 m hoogte wezenlijk kunnen verschillen van die op 'oorhoogte'. In sommige gevallen kan het gebruik van een windsnelheidsmeter zinvol zijn.

Voor en na iedere meetserie moet de geluidniveaumeter, inclusief de microfoon en aangesloten kabel(s), worden gekalibreerd met behulp van een akoestische ijkbron die een constant signaal (binnen 0,5 dB) afgeeft. Als na afloop van de meetserie bij het kalibreren blijkt dat het meetsysteem niet betrouwbaar is (afwijking ten opzichte van het constante signaal is groter dan 0,5 dB), moeten de metingen opnieuw uitgevoerd worden.

De geluidniveaumeter en de ijkbron worden tenminste iedere twee jaar uitgebreid getest in een daartoe uitgerust laboratorium.

Het eigen ruisniveau van de meter moet tenminste 6 dB lager zijn dan het niveau van het te meten signaal. Er moet op een goed functioneren van het meetsysteem worden gelet, met name als metingen worden uitgevoerd tijdens weersomstandigheden met zeer hoge luchtvochtigheid en zeer lage temperaturen.

2.2.5.2 Vaststelling van de bedrijfssituatie

De bedrijfssituatie wordt gedefinieerd als die situatie waarbij de geluidssituatie kenmerkend is voor de te beoordelen periode. In de meest eenvoudige situatie is de bedrijfstoestand tijdens de meting gelijk aan de bedrijfssituatie gedurende een gehele beoordelingsperiode. De beoordelingsgrootheden $L_{Ar,LT}$ en L_{Amax} kunnen dan rechtstreeks uit ten minste één meting verkregen worden.

In andere situaties zullen verschillende bedrijfstoestanden tezamen de voor de geluidbeoordeling relevante bedrijfssituatie vormen. De immissiemetingen worden in dit geval uitgevoerd tijdens elke bedrijfstoestand. Er moet dan wel sprake zijn van reproduceerbare bedrijfstoestanden. Uit de metingen wordt per bedrijfstoestand het langtijdgemiddeld deelgeluidniveau en het maximale geluidniveau bepaald. Uit deze waarden worden vervolgens de beoordelingsgrootheden $L_{Ar,LT}$ en L_{Amax} afgeleid.

2.2.5.3 Uitvoering van de geluidmetingen

Meetduur

Om de overdrachtsvariaties voldoende uit te middelen, moet de meetduur voor metingen op een afstand tot 50 m tenminste 1 minuut bedragen. Voor afstanden tot 150 m bedraagt de meetduur tenminste 3 minuten. In bepaalde gevallen kan het noodzakelijk zijn veel langer te meten, bijvoorbeeld vanwege het karakter van het te meten geluid en/of de cyclusduur van bepaalde bedrijfsactiviteiten.

Meestal is het niet mogelijk, of zal het niet noodzakelijk zijn, om gedurende de gehele beoordelingsperiode(n) te meten. Volstaan kan worden met een meettijd waarbinnen de geluidemissie van de beschouwde bedrijfstoestand voldoende nauwkeurig is vastgesteld. Als het niet mogelijk is binnen een zekere meetduur een representatieve bedrijfstoestand te definiëren, moet ofwel de bedrijfstoestand ofwel de meetduur worden aangepast.

Het kan van belang zijn langer dan de zuivere meetduur op de locatie aanwezig te blijven om een zo goed mogelijke indruk van de geluidssituatie ter plaatse te verkrijgen.

Bij de vaststelling van stoorgeluid wordt gedurende een relatief lange periode gemeten, ook vanwege het uitmiddelen van overdrachts- en stoorgeluidvariaties.

Aantal metingen

Als de afstand r_i tussen het broncentrum en de meetlocatie kleiner is dan of gelijk is aan 50 m kan per bedrijfstoestand met één meting volstaan worden.

Vanwege mogelijke variaties in de geluidsoverdracht tijdens de meetduur worden bij metingen op grotere (≤ 150 m) ten minste twee metingen voorgeschreven. In tabel 2.5 is een en ander ten aanzien van afstanden ($50 < r_i \leq 150$ m) samengevat.

Tabel 2.5 Minimumaantal metingen

Meetafstand r_i [m]	Minimum aantal metingen
$r_i \leq 50$	1
$50 < r_i \leq 150$	2

Als voor dezelfde bedrijfstoestand meer dan 1 meting moet worden verricht, moet tussen de metingen ten minste 4 uur tijdverschil bestaan, zodat van een andere meteorologische situatie kan worden gesproken, tenzij aannemelijk kan worden gemaakt dat meerdere metingen geen andere conclusies zullen geven.

De meetresultaten worden na stoorgeluidcorrectie per bedrijfstoestand energetisch gemiddeld. In situaties waarbij als gevolg van meteorologische variaties een meetresultaat van de desbetreffende bedrijfstoestand 5 dB of meer onder het energetisch gemiddelde ligt, wordt deze vervangen door het resultaat van een nieuwe meting.

2.2.5.4 Bepaling gestandaardiseerd immissieniveau L_i

Op het immissie(meet)punt wordt voor elke gedefinieerde bedrijfstoestand het equivalente geluidniveau gemeten. Als tijdens een bedrijfstoestand meerdere meting-metingen zijn uitgevoerd, wordt het aantal verrichte (geldige) geluidmetingen, zo nodig per meting gecorrigeerd voor het stoorgeluid (zie paragraaf 2.2.3), door energetische middeling het gestandaardiseerde immissieniveau L_i bepaald. De energetische middeling van geluidsniveaus wordt algemeen bepaald volgens de formule:

$$L_i = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{x=1}^N 10^{\frac{L_x}{10}} \right) \quad (2.3)$$

waarbij wordt verstaan onder:

N = Aantal metingen

L_x = equivalente geluidniveau van meting x

Omdat het immissieniveau vastgesteld wordt onder meteoraamcondities, wordt dit niveau het gestandaardiseerde immissieniveau L_i genoemd.

2.2.5.5 Vaststelling gestandaardiseerd immissieniveau via meting op een alternatief punt

Het alternatieve punt is een punt dat gekozen wordt als het beoordelingspunt niet bruikbaar is als meetlocatie (vanwege stoorgeluid, bereikbaarheid, lokale omstandigheden). Het immissie(meet)punt is dan gelegen op het gekozen alternatieve punt. Uit het op het alternatieve punt vastgestelde geluidniveau kan door extrapolatieberekeningen het beoordelingsniveau op het beoordelingspunt berekend worden.

De locatiekeuze voldoet aan de volgende voorwaarden:

- $r_{alt} \geq 1,5d$ en $r_{alt} < 150$ m,
waarbij wordt verstaan onder:
 r_{alt} = afstand van het broncentrum tot het alternatieve punt;
 d = grootste afmeting van de bron of het brongebied
- zowel vanuit het beoordelingspunt als vanuit het alternatieve punt is er vrij zicht op de bron. De overdrachtswegen (bodem) van de bron tot het alternatieve punt en vanuit de bron tot het beoordelingspunt mogen niet significant van elkaar afwijken;
- het op het alternatieve punt te meten geluidniveau mag niet significant worden beïnvloed door geluidbijdragen van reflecterende vlakken (gebouwen) buiten het brongebied. Het alternatieve punt mag dan ook niet in de nabijheid van belangrijk reflecterende vlakken zijn gelegen;
- de meethoogte h_m op het alternatieve punt is bij voorkeur 5 m boven het plaatselijk maaiveld.

Op het alternatieve punt wordt voor elke gedefinieerde bedrijfstoestand het equivalente geluidniveau gemeten. Als tijdens een bedrijfstoestand meerdere metingen zijn uitgevoerd, wordt uit het aantal verrichte (geldige) geluidmetingen, zo nodig per meting gecorrigeerd voor stoorgeluid (zie paragraaf 2.2.3.), door energetische middeling het gestandaardiseerd immissieniveau $L_{i,alt}$ bepaald (volgens vergelijking 2.4).

Uit dit op het alternatieve punt berekende gestandaardiseerde immissieniveau $L_{i,alt}$ wordt het op het beoordelingspunt te verwachten gestandaardiseerde immissieniveau berekend volgens de formules:

$$L_i = L_{i,alt} - C_{alt} \quad L_i = L_{i,alt} - C_{alt} \quad (2.4)$$

$$C_{alt} = 20 \log \left(\frac{r_i}{r_{alt}} \right) + 0,004(r_i - r_{alt}) + K_4 \quad (2.5)$$

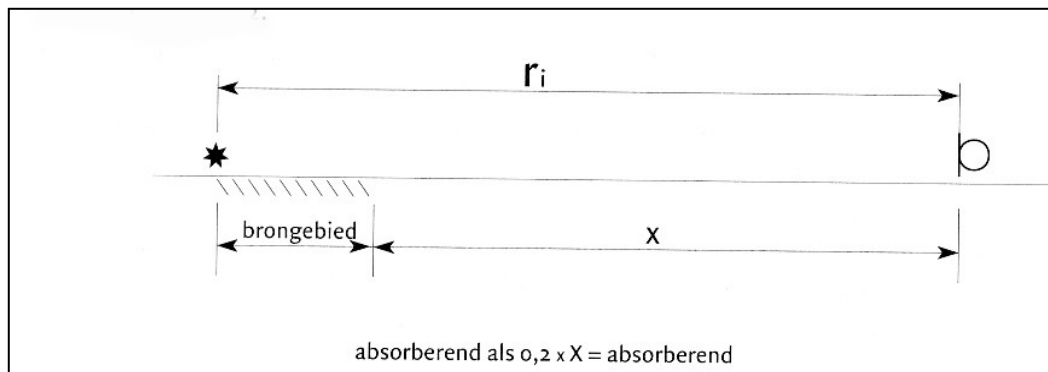
waarbij wordt verstaan onder:

$K_4 = 0$ dB voor een beoordelingspunt boven:

- een harde bodem
- een absorberende bodem met $h_0 \geq 2,5$ m

$K_4 = 1,5$ dB voor een beoordelingspunt boven een absorberende bodem met $h_0 \leq 2,5$ m

N.B. Een beoordelingspunt ligt boven een absorberende bodem als het gebied tussen het brongebied en het beoordelingspunt voor meer dan 20% als absorberende te kenmerken is; zie figuur 2.4.



Figuur 2.4 Definitie absorberende bodem bij beoordelingspunt

2.2.6 Methode II.1

2.2.6.1 Algemeen

De methode voorziet in een directe meting van het geluid in de buitenlucht waarna het meetresultaat nog gecorrigeerd kan worden voor stoorgeluid. In incidentele gevallen kan het gewenst zijn het meetresultaat ook nog te corrigeren voor een temperatuur en luchtvochtigheid in een standaardatmosfeer. De geluidniveaus worden dan bepaald voor de situatie met 10 °C en 80% relatieve vochtigheid. Voor de afwijkende omstandigheden tijdens de metingen wordt gecorrigeerd op basis van ISO 9613-I. Deze correctie is van belang als frequenties boven de 500 Hz het geluidniveau bepalen en er sprake is van (zeer) grote afstanden.

Methode II.1 kan ook gevolgd worden, als voor het bepalen van het geluidvermogen metingen moeten worden uitgevoerd op grotere afstand van de bron.

Er zijn geen algemene beperkingen aan het toepassingsgebied. Wel kan stoorgeluid of de mogelijkheid om de representatieve bedrijfssituatie eenduidig vast te stellen, de toepassing bemoeilijken of onmogelijk maken.

2.2.6.2 Meetapparatuur

- een precisie geluidniveau-meter volgens de specificaties voor Class 1 van NEN-EN-IEC 61672-1 met een rondomgevoelige microfoon;
- een voorziening voor de bepaling van het equivalent geluidniveau op basis van continue integratie van het signaal ('real time'), dan wel het bemonsteren van het signaal met tijdsintervallen die kleiner zijn dan de tijdconstante van het meetsysteem (bij het meten van impuls geluiden moet de 'crestfactor' voldoende hoog zijn);
- een windkap of een windbol;
- een windsnelheidsmeter, tenzij op andere wijze betrouwbare informatie over windsnelheden verkregen kan worden.

Voor metingen op grotere afstand is het van belang, dat ook de relatieve vochtigheid en de temperatuur wordt vastgesteld. Deze vaststelling kan plaatsvinden door metingen ter plaatse of het raadplegen van actuele meteogegevens verzorgd door derden.

Ook kunnen digitale analysesystemen worden gebruikt die door snelle bemonstering van tijdsignalen geluiddrukken kunnen meten. De microfoons, voorversterkers en functionaliteit van de software moeten voldoen aan de eisen uit de genoemde IEC-publicatie.

Voor vele meetsituaties is het gewenst te beschikken over:

- een integrerende geluidniveaumeter volgens NEN-EN-IEC 61672-1;
- een mogelijkheid om het geluidsignaal op te nemen. Het bestandsformaat van de opname moet zonder compressie werken (bijvoorbeeld .wav) of met 'lossless' compressie (bijvoorbeeld .flac, .wma lossless). Bij compressietechnieken op basis van psycho-akoestische principes gaat informatie verloren. Bestandsformaten die van dergelijke compressietechnieken gebruik maken, zijn niet toegestaan (dus bijvoorbeeld geen .mp3, .wma lossy, .aac). Tijdens de opname wordt bij voorkeur ook het geluidniveau (in dB(A)) afgelezen en geregistreerd;
- een hoofdtelefoon voor het afluisteren van het signaal tijdens de metingen;
- een microfoonstatief tot 10 m hoogte;
- octaafbandfilters volgens de specificatie van NEN-EN-IEC 61260-1. De middenfrequenties van de octaafbanden worden gekozen volgens ISO 266 en omvatten de banden 31,5 Hz tot en met 8.000 Hz.

Voor en na iedere serie metingen wordt het gehele meetsysteem, inclusief microfoons en kabels, op de voor de apparatuur voorgeschreven wijze gekalibreerd met een akoestische ijkbron, die binnen een marge van 0,5 dB een constant signaal geeft. Als na afloop van de meetserie bij het kalibreren blijkt dat het meetsysteem niet betrouwbaar is (de afwijking ten opzichte van het constante signaal is groter dan 0,5 dB), moeten de metingen opnieuw worden uitgevoerd. Bij langdurige metingen is het aan te raden om ook tussendoor nog eens het meetsysteem te kalibreren.

Ook wordt het gehele systeem, inclusief ijkbron(nen), tenminste iedere twee jaar uitgebreid en controleerbaar getest.

2.2.6.3 Vaststelling van de meetcondities

Brongeometrie en bedrijfssituatie

Van de te onderzoeken activiteit wordt allereerst het gebied met de relevante bronnen vastgesteld. Dit is het brongebied. De grootste afmeting binnen het brongebied is de brondiameter d . Vervolgens wordt het broncentrum en de bronhoogte h_b bepaald. Het broncentrum is het 'akoestisch zwaartepunt' van het gebied met de relevante bronnen voor het betreffende immissiepunt.

Meestal kan hiervoor het midden van het brongebied worden gekozen, maar als de maatgevende bronnen sterk excentrisch liggen kan een betere keuze worden gemotiveerd. De bronhoogte h_b is de hoogte van dit akoestische zwaartepunt boven het maaiveld. Tenslotte wordt de meetafstand r_i bepaald. Dit is de afstand tussen het immissiepunt en het broncentrum.

De bedrijfssituatie van de te meten bronnen moet zo exact mogelijk worden vastgelegd, maar niet uitgebreider dan nodig. Het gaat om de kenmerken die voor geluid van belang zijn. Het kan bijvoorbeeld ten behoeve van de metingen en analyse van de bedrijfssituatie nodig zijn diverse bedrijfstoestanden te definiëren, waaruit de beschouwde bedrijfssituatie wordt opgebouwd.

Vastgesteld moet worden of de bedrijfssituatie of bedrijfstoestanden representatief zijn voor het doel van de meting.

Als het in een bepaalde situatie niet mogelijk is een bepaalde bedrijfssituatie vast te stellen of voor de metingen representatieve bedrijfstoestanden te definiëren, kan het zinvol zijn de meetperiode te verlengen. In uitzonderingsgevallen zal de meetperiode gelijk moet en zijn aan de gehele beoordelingsperiode of moet steekproefsgewijs een groot aantal metingen worden verricht. Aanbevolen wordt dan emissiemetingen te verrichten aangevuld met overdrachtsberekeningen.

De duur van de bedrijfssituatie moet voor de dag-, avond- en/of nachtperiode worden vastgelegd.

2.2.6.4 Uitvoering van de geluidmetingen

Meetduur

De meetduur wordt enerzijds bepaald door de variatie van de geluidemissie en de eventuele cyclische processen die daarin optreden en anderzijds door variaties in de geluidoverdracht.

Voorwaarde is: de meetduur moet zodanig lang zijn dat het equivalente geluidniveau naar een vaste waarde gaat. Beperkte wijzigingen in het begin- of eindtijdstip van de metingen mogen het resultaat niet beïnvloeden.

Om over overdrachtsvariaties te middelen worden de in tabel 2.6 aangegeven *minimale* tijden aangehouden. Het betreft hier de pure meettijd. Duidelijk langer is de tijd dat men op een meetlocatie aanwezig moet zijn om zich bewust te worden van de akoestische situatie.

Bij de vaststelling van stoorgeluid wordt gedurende een relatief lange periode gemeten.

Tabel 2.6 Minimale meetduur bij constant emissieniveau

Meetafstand r_i [m]	Meetperiode T_m
$r_i \leq 50$ en $r_i \leq 10 (h_b + h_m)$	15 seconden
$r_i \leq 150$	1 minuut
$r_i \leq 1.000$	2 minuten
$r_i > 1.000$	5 minuten

Aantal metingen

Afhankelijk van de afstand tot het broncentrum moet in het algemeen meer dan één meting per bedrijfstoestand worden uitgevoerd. Tijdens de meting wordt het gestandaardiseerd immissieniveau L_i vastgesteld.

Tabel 2.7 Minimum aantal metingen

Meetafstand r_i [m]	Minimum aantal metingen
$r_i \leq 50$	1
$50 < r_i \leq 150$	2
$150 < r_i \leq 1.000$	3
$r_i > 1.000$	4

Tussen twee immissiemetingen moet er ten minste 4 uur tussenruimte zijn, zodat van een andere meteorologische situatie kan worden gesproken. Als echter aannemelijk gemaakt kan worden dat meer metingen geen andere conclusie zullen geven, kan met minder metingen worden volstaan.

De meetresultaten worden na stoorgeluidcorrectie (zie paragraaf 2.2.3) per bedrijfstoestand energetisch gemiddeld. Als door meteorologische variaties een meetresultaat van de betreffende

bedrijfstoestand 5 dB of meer onder het energetische gemiddelde ligt wordt deze vervangen door het resultaat van een nieuwe meting.

2.2.6.5 Bijzondere bewerkingen

Extra- of interpolatie

Als het geluidniveau op een andere plaats (beoordelingspunt) moet worden bepaald dan waar gemeten is (alternatief punt), wordt met behulp van het overdrachtsmodel van methode II een berekening gemaakt van deze correctie. Hierbij wordt de volgende procedure gevolgd:

1. Het brongebied moet vanuit het alternatieve punt en vanuit het beoordelingspunt op te vatten zijn als een geconcentreerde bron (zie paragraaf 2.3.2.3).
2. Vanuit de bron gezien moet het beoordelingspunt in dezelfde richting liggen als het alternatieve punt.
3. Het brongebied kan voor deze berekening worden vereenvoudigd tot één vervangende puntbron in het akoestische zwaartepunt. Uitgaande van deze puntbron worden met het overdrachtsmodel van methode II berekeningen uitgevoerd. In het model moet de werkelijke bodem van het midden- en ontvangergebied worden ingevoerd. De bodemfactor van het brongebied is bij extrapolatie niet wezenlijk van belang.
4. Op het alternatieve punt wordt per octaafband het gestandaardiseerde immissieniveau $L_{i,alt}$ op 5 m hoogte gemeten.
5. Er wordt een (arbitraire) geluidvermogen per octaafband aangenomen, genormeerd op 0 dB. Als een normering op 0 dB met rekenprogrammatuur niet mogelijk is, kan ook gekozen worden voor een geluidvermogen van 100 dB per octaafband.
6. Met het overdrachtsmodel wordt, uitgaande van deze geluidvermogen, op het alternatieve punt en het beoordelingspunt per octaafband het geluidniveau $L'_{i,alt}$ en L'_i berekend.
7. Per octaafband wordt het gestandaardiseerde immissieniveau L_i op het beoordelingspunt bepaald uit:

$$L_i = L'_i - (L'_{i,alt} - L_{i,alt}) \quad (2.6)$$

8. Het geluidniveau in dB(A) op het beoordelingspunt wordt bepaald door de energetische optelling van de berekende A-gewogen octaafbandwaarden.

2.2.6.6 Bepaling gestandaardiseerd immissieniveau L_i

Op het immissie(meet)punt wordt voor elke gedefinieerde bedrijfstoestand het equivalente geluidniveau gemeten. Als tijdens een bedrijfstoestand meerdere meting-metingen zijn uitgevoerd, wordt het aantal verrichte (geldige) geluidmetingen, zo nodig per meting gecorrigeerd voor het stoorgeluid (zie paragraaf 2.2.3), door energetische middeling het gestandaardiseerde immissieniveau L_i bepaald. De energetische middeling van geluidniveaus wordt algemeen bepaald volgens de formule:

$$L_i = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{x=1}^N 10^{\frac{L_x}{10}} \right) \quad (2.7)$$

waarbij wordt verstaan onder:

N = Aantal metingen

L_x = equivalente geluidniveau van meting x

Omdat het immissieniveau vastgesteld wordt onder meteoraamcondities, wordt dit niveau het gestandaardiseerde immissieniveau L_i genoemd.

Wanneer de metingen en uitwerkingen zijn uitgevoerd in frequentiebanden, kan hieruit het gestandaardiseerde immissieniveau in dB(A) worden berekend door de A-gewogen geluidniveaus in de beschouwde frequentiebanden energetisch te sommeren.

Wanneer de metingen direct in dB(A) zijn uitgevoerd, wordt hieruit direct het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau L_i per bedrijfstoestand verkregen.

2.2.7 Vaststelling binnengeluidniveau

2.2.7.1 Meting binnengeluidniveaus

In bepaalde gevallen worden eisen gesteld aan de toelaatbare geluidniveaus in geluidgevoelige ruimten ten gevolge van geluidbronnen buiten die ruimten.

Voor geluidmetingen ter bepaling van die binnenniveaus gelden de volgende regels:

- de microfoon van het meetinstrument bevindt zich op een afstand van ten minste 0,5 m van de begrenzingen van de ruimte (vloer, wanden, plafond), tenminste 0,5 m van objecten met een oppervlak groter dan 0,5 m², en tenminste 0,5 m van personen in de ruimte. Bij voorkeur is die afstand tenminste 1 m van muren, 1,5 m van ramen en 1 m boven de vloer;
- om de verstoring doorstaande golven te verminderen, moet bij voorkeur op tenminste vijf punten worden gemeten. Het minimum aantal meetpunten is drie, als het in redelijkheid niet mogelijk is om op ten minste vijf punten te meten, bijvoorbeeld als de te meten gebeurtenis zich alleen met geringe frequentie voordoet. De meetpunten liggen zowel horizontaal als verticaal verspreid door de ruimte. De gemeten waarden moeten energetisch worden gemiddeld om het gestandaardiseerd immissieniveau L_i te verkrijgen;
- metingen moeten worden uitgevoerd bij gesloten ramen, buitendeuren en ventilatievoorzieningen;
- stoorgeluidbijdragen worden geminimaliseerd. Het gaat om:
 - o geluidbronnen binnen de ruimte zelf of elders in het gebouw, bijvoorbeeld koelkast, pomp van de cv-installatie, activiteiten van personen en huisdieren. De eventueel aanwezige mechanische ventilatie wordt voor zover mogelijk buiten werking gesteld;
 - o geluidbronnen buiten, zoals verkeer en weersinvloeden zoals regen en wind. De metingen vinden plaats zonder relevante bijdragen van dergelijke geluiden.

Het geluidniveau in een ruimte is afhankelijk van de ruimte-akoestische parameters. Daarom moeten de afmetingen van de ruimte worden vermeld, en moeten de meetresultaten worden genormaliseerd op een referentienagalmtijd zodat het te beoordelen geluidniveau niet wordt bepaald door de inrichting van die ruimte.

Meting van de nagalmtijd vindt plaats per octaafband volgens NEN-EN-ISO 3382-2 [L.1], waarin ook de eisen aan de meetapparatuur zijn aangegeven. Bij deze methode wordt gebruik gemaakt van een geluidbron die ruis voortbrengt (ruisbron). De bron wordt in de geluidgevoelige ruimte opgesteld in een hoek gevormd door vloer of plafond en twee zijwanden, zodanig dat het middelpunt van de bron zich op ten hoogste 1,5 m van de hoek bevindt, niet op de symmetrieas en tenminste op de afstanden die ook voor de meetposities gelden. De bron wordt tenminste 4 s aangezet en dan klikvrij en in 1 keer uitgeschakeld. Gemeten wordt de tijd waarin het geluid van 5 dB onder het gegenereerde ruisniveau zakt naar 25 dB onder dat niveau. Daarom moet het gegenereerde ruisniveau tenminste 35 dB hoger zijn dan het niveau van stoorgeluiden. De nagalmtijd $T_{i,j}$ is de tijd die het geluid nodig heeft om 60 dB in niveau te zakken, dus 3 maal de gemeten tijd. De nagalmtijd wordt ten minste 2 maal per meetpositie gemeten, in ten minste ten minste 3 meetposities. De nagalmtijd T_i wordt berekend door rekenkundige middeling van de gemeten nagalmtijden $T_{i,j}$.

Het te beoordelen genormaliseerde binnengeluidniveau wordt berekend volgens de formule:

$$L_{nT,i} = L_i + 10 \log \left(\frac{T_i}{T_0} \right) \quad (2.8)$$

De referentienagalmtijd T_0 bedraagt 0,8 s voor een verblijfsruimte voor groepen voor kinderopvang, een verblijfsruimte voor het geven van onderwijs voor basisonderwijs, en een verblijfsruimte voor het geven van theorieonderwijs in het voortgezet, hoger of wetenschappelijk onderwijs. Voor overige ruimten bedraagt de referentienagalmtijd T_0 0,5 s.

Bij laagfrequent geluid kunnen bij binnengeluidmetingen grote meeton nauwkeurigheden optreden. De metingen moeten voor laagfrequent geluid dan ook als indicatief worden bestempeld. Als de binnengeluidniveaus veroorzaakt worden door niet-aanliggende activiteiten, vinden de metingen binnen het meteoraam plaats. Deze voorwaarde geldt niet bij metingen van binnengeluidniveaus ten gevolge van geluidbronnen in bijvoorbeeld aanliggende bedrijfsruimten of andere geluidtransmissiesituaties waarbij weersomstandigheden geen rol kunnen spelen.

2.3 Bepaling geluidvermogen

2.3.1 Algemeen

Het gestandaardiseerd geluidimmissieniveau kan, naast het direct meten van de immissie, ook worden bepaald door een geluidvermogenbepaling met behulp van metingen, aangevuld met berekeningen van de geluidoverdracht naar het beoordelingspunt. Dit kan noodzakelijk zijn als immissiemetingen niet mogelijk zijn, bijvoorbeeld vanwege de volgende omstandigheden:

- er is een te grote invloed van stoorgeluid op meetpunt;
- er is sprake van veelvuldig veranderde bedrijfssituaties die niet zijn onder te verdelen in meerdere goed gedefinieerde bedrijfstoestanden;
- de meteorologische omstandigheden tijdens de meetperiode vallen niet binnen het meteoraam;
- het betreft prognosestudies van nog niet aanwezige activiteiten;
- de wens afzonderlijke bijdragen te kennen van de geluidbronnen.

Methode I

Met de emissiemeetmethoden en het overdrachtsmodel van methode I kan een aantal eenvoudige situaties worden behandeld met als doel een heldere conclusie te kunnen trekken op basis van een indicatieve waarde van de te verwachten geluidimmissie op het beoordelingspunt.

Methode I kent twee emissiemeetmethoden:

1. de geconcentreerde bronmethode (methode I.2);
2. de aangepaste meetvlakmethode (methode I.3).

Methode II

Methode II kent de volgende emissiemeetmethoden:

1. Geconcentreerde bronmethode - methode II.2. Deze methode wordt toegepast als de afmetingen van de bronnen aanzienlijk kleiner zijn dan de meetafstand.
2. Aangepast meetvlakmethode - methode II.3. Met deze methoden wordt het geluidvermogen van de geluidbron bepaald. De afstand tot de bron is bij deze methoden in het algemeen kleiner dan de bronafmeting. In tegenstelling tot de 'Rondommethode' wordt hier ook de geluidafstraling naar boven in de geluidvermogenbepaling betrokken. Met deze methode kan geen richtingsinformatie worden verkregen. Het gebrek hieraan kan de betrouwbaarheid van de met overdrachtsberekening bepaalde niveaus sterk verminderen.
3. Rondommethode - methode II.4. Deze methode wordt toegepast voor uitgestrekte bronnen (vele tientallen meters) waarvan de horizontale afmetingen veel groter zijn dan de verticale en waarbij de geluiduitstraling in het horizontale vlak weinig richtingsafhankelijk is. Voorts moet in het brongebied de bronverdeling min of meer uniform zijn.
4. Intensiteitsmetingen - methode II.5. Het geluidvermogen wordt bepaald uit de geluidintensiteit die uit een omsloten oppervlak rond een geluidbron stroomt. Deze methode stelt in principe geen beperkingen aan de geluidbronnen.

5. Snelheidsmetingen (trillingsmetingen) - methode II.6. Het geluidvermogen wordt bepaald door vaststelling van de mate waarin een oppervlak met een bepaald snelheidsniveau geluid afstraalt. De methode kan worden toegepast als door aanwezigheid van stoorgeluid, het afgestraalde geluid niet direct gemeten kan worden.
6. Uitstraling gebouwen - methode II.7. Met deze methode kan de geluidtransmissie door wanden en daken worden berekend.

Het bepalen van de geluidvermogens kan met verschillende meettechnieken plaats vinden. Dit geeft ook consequenties voor de toepassing van de voorschriften. Deze worden daarom afzonderlijk behandeld.

De geconcentreerde bronmethode heeft uit het oogpunt van betrouwbaarheid de voorkeur. Vaak zal echter stoorgeluid (bijvoorbeeld van andere bronnen op het industrieterrein) de toepasbaarheid beperken. Met de geconcentreerde bronmethode en de rondommethode wordt de immissierelevante geluidvermogen bij min of meer ongericht afstralende bronnen beter benaderd dan met een aangepast meetvlakmethode.

Immissierelevante geluidvermogen L_{WR}

Het doel van de emissiemethoden is het immissierelevante geluidvermogen van geluidbronnen zo goed mogelijk te bepalen.

Het immissierelevante geluidvermogen L_{WR} is een rekengrootheid. Het geluidvermogen is gelijk aan het vermogen van een rondom afstralende puntbron die op de plaats van de echte geluidbron of het broncentrum van een stelsel geluidbronnen staat en op het immissiepunt hetzelfde geluidniveau geeft als deze geluidbron(nen).

De immissierelevante geluidvermogen is wezenlijk een andere grootheid dan het geluidvermogen van de bron. Het geluidvermogen L_W is een maat voor de totale geluidenergie die per seconde door de bron wordt geproduceerd. Het verband tussen beide grootheden wordt berekend volgens de formule:

$$L_{WR} = L_W + DI \quad L_{WR} = L_W + DI \quad (2.9)$$

waarbij wordt verstaan onder:

DI = richtingsindex (zie paragraaf 2.3.3.2)

Voor geluidoverdracht buiten is meestal alleen het geluid van belang dat wordt afgestraald in een hoek van 0° tot 20° met de horizontaal. In specifieke situaties kan de immissierelevante richting anders zijn, bijvoorbeeld bij hoge bronnen (schoorstenen, dakuitlaten e.d.) waarbij ook het beoordelingspunt in de directe omgeving op lagere hoogte ligt.

Verder stralen in het horizontale vlak vele geluidbronnen richtingsafhankelijk af. Het is daarom van belang dat alleen in de immissierelevante richting het geluidvermogen wordt bepaald. Bij grotere industriële activiteiten kan het totaal opgestelde geluidvermogen tot wel 5 dB hoger zijn dan de immissierelevante geluidvermogen.

Relevant frequentiegebied bij methode II

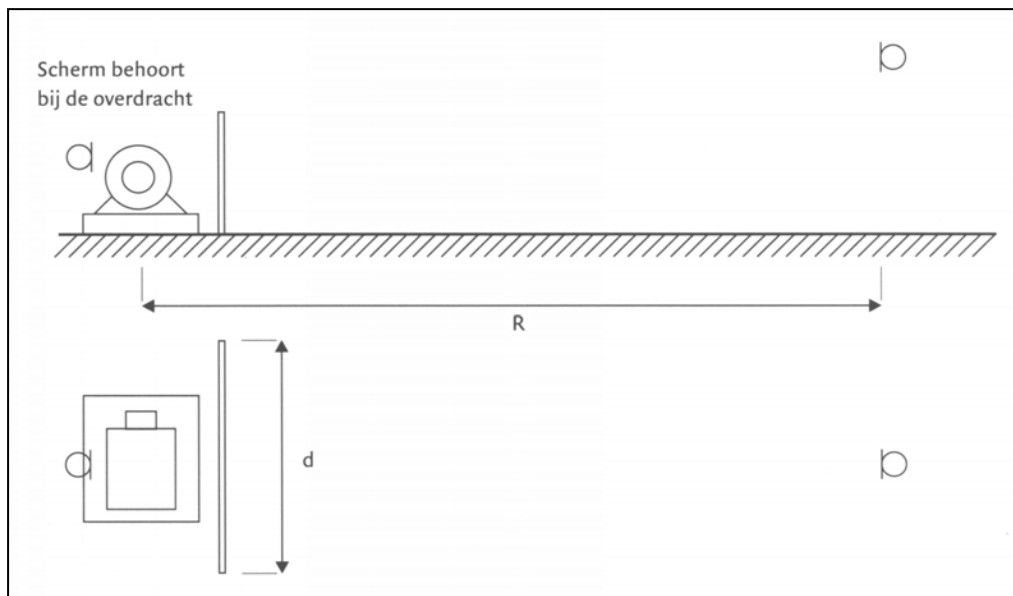
De geluidmetingen voor het vaststellen van de immissierelevante geluidvermogen vinden zowel in dB(A) als in octaafbanden of smalbandiger plaats in het gehele gebied dat de octaafbanden met middenfrequenties van 31,5 Hz tot en met 8.000 Hz omvat. Als kan worden aangetoond dat het geluidvermogen in bepaalde frequentiebanden een verwaarloosbare bijdrage geeft tot het immissieniveau behoeft in deze banden geen waarde te worden vastgesteld.

Aansluiting bij overdrachtsberekeningen

De grens tussen bron en overdracht is in sommige gevallen niet eenduidig aan te geven. In het kader van deze methode geldt de volgende richtlijn.

De afschermende en reflecterende objecten die in de bronbeschrijving, en dus in het geluidvermogen, zijn opgenomen maken deel uit van de 'vervangende bron' en worden bij de overdrachtsberekening buiten beschouwing gelaten.

Een uitzondering vormt de bodem die altijd in de overdrachtsberekening wordt opgenomen. Zo nodig worden de metingen van de geluidemissie opgeschoond van bodeminvloeden, of worden de metingen zodanig ingericht dat deze invloed verwaarloosbaar is.



Figuur 2.5 Voorbeeld van scheiding bron-overdracht

In bovenstaand voorbeeld kunnen twee situaties worden onderscheiden. Als de situatie vanaf links wordt beschouwd, wordt het scherm afzonderlijk bij de overdracht in rekening gebracht. Als de situatie vanaf rechts wordt beschouwd, kan het scherm onderdeel uitmaken van de 'vervangende bron'.

2.3.2 Methode I

2.3.2.1 Toepassingsgebied

De geluidvermogenbepaling in combinatie met overdrachtsberekeningen kunnen worden toegepast onder de volgende condities:

- de afstand van bron tot beoordelingspunt bedraagt ten hoogste 150 m. De afstand van bron tot beoordelingspunt is hierbij groter dan 1,5 maal de grootste brondiameter ($r_1 > 1,5 d$);
- alleen plaatsvast bronnen kunnen worden beschouwd;
- er moet voldaan worden aan de specifieke randvoorwaarden van de te gebruiken emissiemeetmethoden.

Beide submethoden van geluidvermogenbepaling volgens methode I zijn geschikt voor eenvoudige brongeometrieën met solitaire bronnen of brongroepen van relatief kleine afmetingen. Voorwaarde bij deze submethoden is dat de bronnen zijn gelegen in een goed te omschrijven omgeving waarin de akoestische overdrachtscondities goed kunnen worden gedefinieerd. De overdrachtsberekening geschiedt met behulp van een eenvoudige overdrachtsformule, zoals opgenomen in paragraaf 3.1.

2.3.2.2 Meetapparatuur

De meetapparatuur voor het verrichten van emissiemetingen voldoet aan de in paragraaf 2.2.5.1 gestelde eisen.

2.3.2.3 Geconcentreerde bronmethode (methode I.2)

Algemeen

Het doel van de methode is het vaststellen van de immissierelevante geluidvermogen van een geluidbron of een stelsel van geluidbronnen in een bepaalde richting tijdens een goed gedefinieerde bedrijfssituatie. Deze geluidbronnen worden beschouwd als puntbronnen.

Toepassingsgebied

De methode is geschikt voor bronnen, waarvan de grootste afmeting d in vergelijking tot de meetafstand R als klein te beschouwen is (puntbron). Voorwaarde is dat $1,5 d \leq R \leq 50 \text{ m}$.

Toepassing van deze geconcentreerde bronmethode is alleen toegestaan als:

- de grootste brondimensie $d \leq 10 \text{ m}$ bedraagt;
- direct zicht bestaat vanuit het meetpunt op de bron of brongroep en er geen (deels) afscherpende objecten aanwezig zijn;
- de bodem tussen de bron of het brongebied en het meetpunt hard is;
- de metingen niet worden beïnvloed door reflecties van nabijgelegen reflecterende vlakken;
- geen stoorgeluid optreedt dan wel hiervoor gecorrigeerd kan worden (paragraaf 2.2.3).

Vaststelling van de meetcondities

Bron geometrie en bedrijfssituatie

De metingen worden uitgevoerd bij een goed te omschrijven bedrijfstoestand. Als de bron meer bedrijfstoestanden kent die voor de te beschouwen bedrijfssituatie van belang zijn, wordt bij alle toestanden gemeten. Het is belangrijk bij de voorbereiding van metingen een volledige inventarisatie van de bedrijfstoestanden te maken, die voor de geluiduitstraling van belang zijn.

De volgende grootheden worden bepaald:

- de bedrijfsperiode T_b van de bron binnen een beoordelingsperiode per bedrijfstoestand;
- de bronhoogte h_b ;
- de brondiameter d ;
- de bedrijfstoestand van de bron, voor zover relevant voor de geluidemissie (toerental, capaciteit en dergelijke).

Keuze van de meetlocatie

Als sprake is van meerdere immissiepunten rondom de geluidbron, is van belang dat de bron in horizontale richtingen gelijkmatig uitstraalt.

Gesteld kan worden dat een geluidbron in horizontale richtingen gelijkmatig uitstraalt, als de geluidniveaus, gemeten op drie posities rond de bron op gelijke afstand en hoogte, onderling niet meer dan 1,5 dB(A) afwijken.

Als op basis van de aard van de geluidbron aangenomen kan worden dat een bron in horizontale richtingen gelijkmatig uitstraalt, kan ongeacht het aantal immissiepunten met alleen een meetpunt in een willekeurige horizontale richting worden volstaan.

Als er geen horizontaal gelijkmatige uitstraling optreedt, kan alleen dan gebruik gemaakt worden van methode I.2 als sprake is van een beperkt aantal immissieposities waarbij de geluidemissie per immissierelevante richting bepaald kan worden. In andere gevallen wordt methode II toegepast.

Afhankelijk van de geometrie kan men kiezen voor een methode met meetpunten op een hele of halve bol rond de bron.

De hoek tussen het door het broncentrum gelegde horizontale vlak en de verbindinglijn van broncentrum en meetpunt bedraagt in het algemeen 3° tot 12°. Dit komt overeen met de ligging van de meetpunten op het oppervlak van de hele of halve bol op een meethoogte h_m van:
$$h_b + 0,05R \leq h_m \leq h_b + 0,2 R.$$

Voor de keuze van de meetlocatie gelden de volgende voorwaarden.

Meetpunten op hele bol

Rond hooggeplaatste bronnen wordt een denkbeeldig meetvlak gelegd in de vorm van een hele bol, waarvan het middelpunt samenvalt met het broncentrum. De straal R van de bol wordt zodanig gekozen dat geldt $1,5 d \leq R \leq 0,5 h_b$ waarbij h_b de hoogte van de bron is boven plaatselijk maaiveld (dat is meestal de grond of het dakvlak). In het meetpunt hebben bodemreflecties geen relevante invloed op het meetresultaat.

In specifieke gevallen (een hooggelegen bron, bijvoorbeeld een schoorsteen, met ook op korte afstand laag of juist hoog gelegen immissiepunten) kan de meting evenwel een te hoge of te lage geluidvermogen opleveren voor de immissiepunten op korte afstand. Immers de geluiduitstraling in richtingen schuin naar beneden, dus met een (negatieve) hoek onder het horizontale vlak, of schuin naar boven, kan vanwege specifieke richtingseffecten minder of meer zijn. In een dergelijke situatie is ook het verrichten van metingen in die immissierelevante richting naar het punt op korte afstand noodzakelijk. In kritische gevallen wordt gebruik gemaakt van methode II.

Meetpunten op halve bol

Als een geconcentreerde bron dicht boven een horizontaal vlak is gesitueerd, wordt als meetvlak een halve bol rond de bron gekozen.

Het middelpunt van de halve bol valt samen met de projectie van het broncentrum op het horizontale vlak. Voorbeelden zijn: bestrate bodems, daken van gebouwen en dergelijke. Voor de straal R van de bol geldt als voorwaarde dat $R \geq 1,5 d$ en bij voorkeur $R \geq 2 h_b$.

Uitvoering van de geluidmetingen

Meetduur

De meetduur wordt hoofdzakelijk bepaald door de variatie van de geluidemissie en de eventuele cyclische processen die daarin optreden. Als voorwaarde geldt dat de meetduur zodanig lang moet zijn dat het equivalente geluidniveau naar een vaste waarde gaat. Beperkte wijzigingen in het begin- of eindtijdstip van de metingen mogen het resultaat niet beïnvloeden.

Aantal metingen

Per bedrijfstoestand kan volstaan worden met één meting per immissierelevante richting op een bepaalde afstand van de bron. Het verdient echter de voorkeur meerdere metingen in deze richting te verrichten. Meerdere meetresultaten per meetrichting worden, na eventuele stoorgeluidcorrectie (zie paragraaf 2.2.3) per bedrijfstoestand energetisch gemiddeld volgens formule 2.3.

Berekening van de immissierelevante geluidvermogen L_{WR}

Uit de meetwaarden wordt het energetisch gemiddelde geluidniveau $L_{Aeq,T}$ in dB(A) afgeleid. De immissierelevante geluidvermogen L_{WR} wordt berekend volgens de formules:

$$\begin{aligned} \text{Hele bol: } L_{WR} &= L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2 \\ \text{Halve bol: } L_{WR} &= L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2 + D_{bodem} \end{aligned} \quad (2.10)$$

waarbij:

$D_{bodem} = -2$ dB

R = meetafstand tot de bron

Met de verkregen geluidvermogen wordt vervolgens het immissieniveau L_i bepaald door de verzwakking door geluidoverdracht in rekening te brengen. In paragraaf 3.1 wordt hierop ingegaan.

2.3.2.4 Aangepaste meetvlakmethode (methode I.3)

Algemeen

Het doel van de methode is het vaststellen van de immissierelevante geluidvermogen van een solitaire bron tijdens een goed gedefinieerde bedrijfstoestand. Kenmerkend voor deze emissiebepaling is dat het geluidvermogen wordt verkregen uit metingen die verricht worden dichtbij de bron.

Omdat met deze methode in principe het geluidvermogen wordt bepaald en geen richtingsinformatie wordt verkregen, heeft gebruik van de geconcentreerde bronmethode de voorkeur. Als stoorgeluid aanwezig is, is het echter noodzakelijk om op kortere afstand dan $R = 1,5$ d te meten, hetgeen tot toepassing van deze methode leidt.

Toepassingsgebied

De methode mag, naast de in paragraaf 2.3.2.1 genoemde algemene voorwaarden, alleen worden toegepast onder de volgende condities:

- het betreft vlakke bronnen zoals bijvoorbeeld roosters en deuren in gevels met bronafmetingen kleiner dan 25 m^2 . Het beoordelingspunt wordt hierbij gezien binnen een hoek van 85° met de normaal op het vlak van de bron. Voorzichtigheid is geboden als een in pandige geluidbron met relatief hoge geluiduitstraling vanuit een beoordelingspositie zichtbaar is via een open deur. In bepaalde situaties kan die geluidbron in die beoordelingspositie een hogere geluidbijdrage leveren dan de geluiduitstraling van het nagalmgeluidveld in de deuropening. Toepassing van methode I.3 gevolgd door overdrachtsberekeningen leidt dan tot te lage geluidniveaus in die beoordelingspositie. In dergelijke situatie is toepassing van methode II noodzakelijk;

óf

- het betreft een solitaire bron of samengestelde bron (zoals bijvoorbeeld de combinatie aandrijving-overbrenging-installatie) met een brondiameter van ten hoogste 5 m;

Overige condities zijn:

- er treedt geen significant stoorgeluid op of hiervoor kan worden gecorrigeerd;
- de grootste brondiameter is klein ten opzichte van de afstand tot het beoordelingspunt ($r \geq 1,5 d$)
- de bron straalt over het gehele referentievlak (gedefinieerd in de volgende paragraaf) gelijkmatig geluid uit. Wanneer op enig punt op het meetvlak het verschil tussen het hoogste en laagste te meten geluidniveau meer dan 2 dB bedraagt, wordt gebruik gemaakt van methode II.

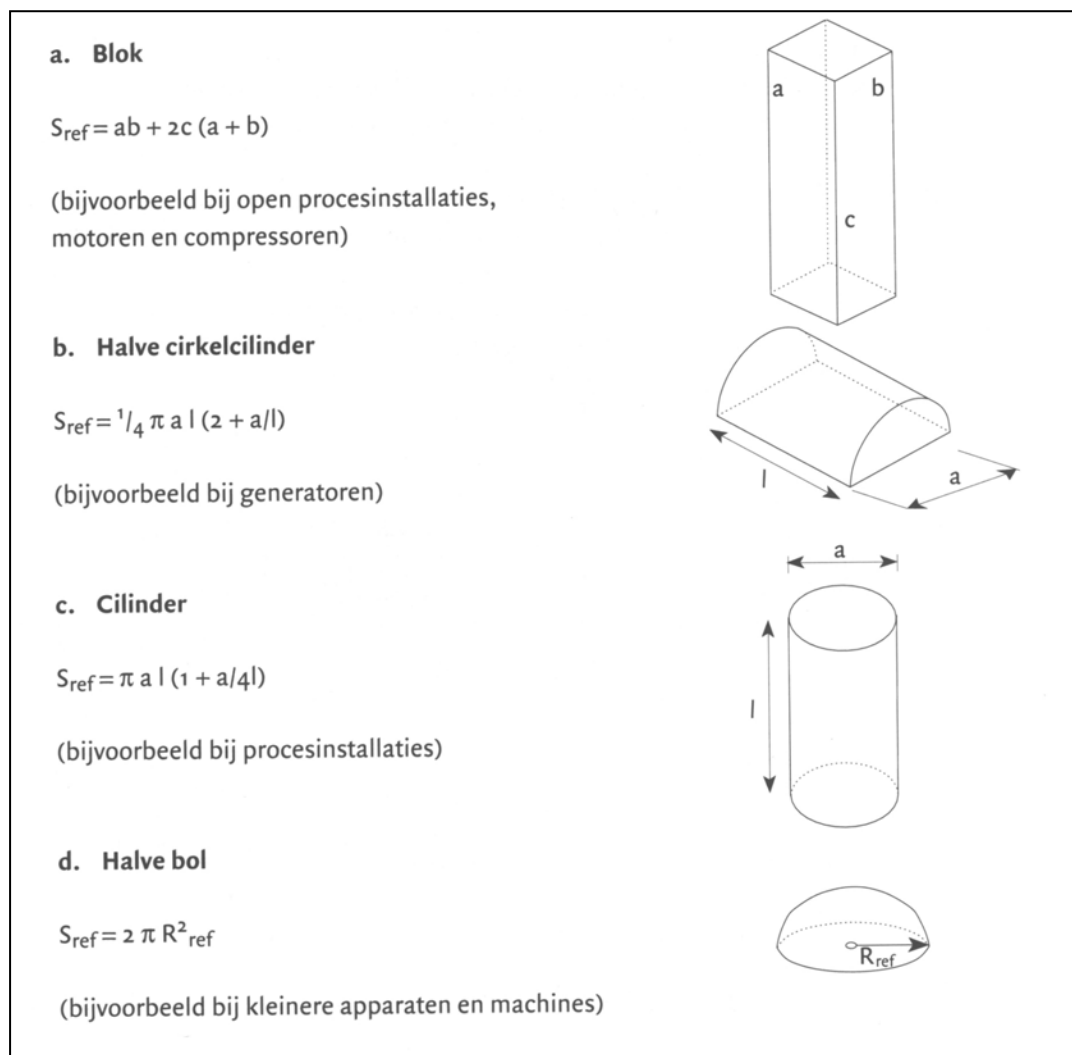
Vaststelling van de meetcondities

Brongeometrie

Op enige afstand van de bron wordt een referentielichaam gelegd dat de contouren van de bron benadert. Dit referentielichaam hoeft de contouren van de bron niet nauwsluitend te volgen, maar moet van een zo eenvoudig mogelijke vorm zijn (blok, cilinder, plat vlak en dergelijke). Figuur 2.6 geeft voorbeelden van mogelijke vormen van het referentielichaam. Combinaties van referentielichamen zijn ook mogelijk.

De metingen bij de bron vinden plaats op het aangepast meetvlak. Dit meetvlak is gelegen op enige afstand van het referentievlak en heeft een gelijke vorm als het referentievlak.

Het grondoppervlak van het referentielichaam maakt geen deel uit van het meetvlak en wordt bij de bepaling van het oppervlak van het meetvlak niet beschouwd.



Figuur 2.6 Vormen van referentielichamen

N.B. De oppervlakte van het meetvlak S_m kan op gelijke wijze worden berekend.

Keuze van de meetlocaties

De meetpunten worden gekozen op het aangepast meetvlak. Algemene uitgangspunten bij de keuze van het meetvlak zijn dat het meetvlak:

- op een vaste afstand ligt van het referentielichaam;
- de bron volledig wordt omsloten of aansluit op de bodem of niet geluidafstralende vlakken, objecten rond de bron;
- op een relatief kleine afstand van de bron wordt geplaatst;
- goed bereikbaar is voor het uitvoeren van metingen.

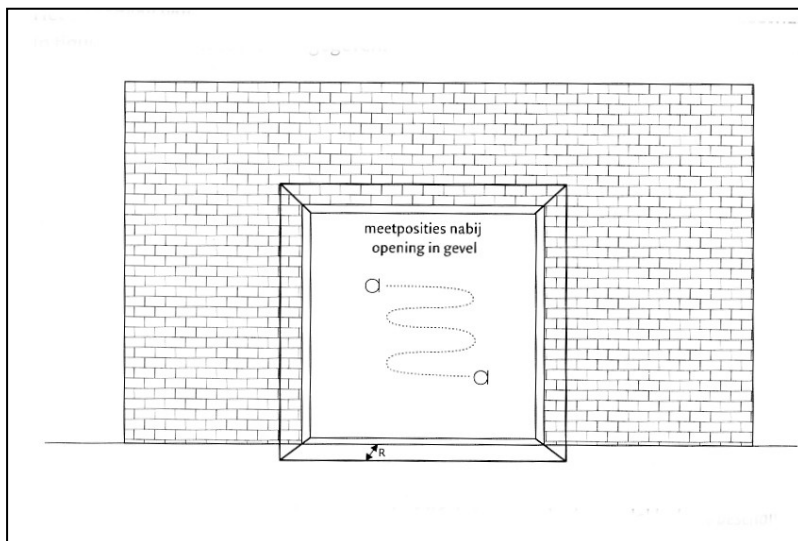
Per type bron worden de volgende specifieke eisen geformuleerd.

Vlakke bron

Voor vlakke bronnen wordt een meetvlak gekozen dat bestaat uit:

- een hoofdvlak evenwijdig aan het referentievlak en afmetingen gelijk aan het referentievlak;
- een smalle randstrook langs de omtrek van het hoofdvlak waarop geen metingen worden verricht en dat verder buiten beschouwing blijft.

Het oppervlak van het referentievlak S_{ref} is even groot als het oppervlak van het meetvlak S_m . In figuur 2.7 is een voorbeeld gegeven.



Figuur 2.7 Geluidvermogenmeting van een open deur van een bedrijf; de bron wordt als een vlakke bron beschouwd

Voor de afstand R tussen meetvlak en referentievlak geldt volgens tabel 2.8

Tabel 2.8 Afstand R afhankelijk van de soort bron

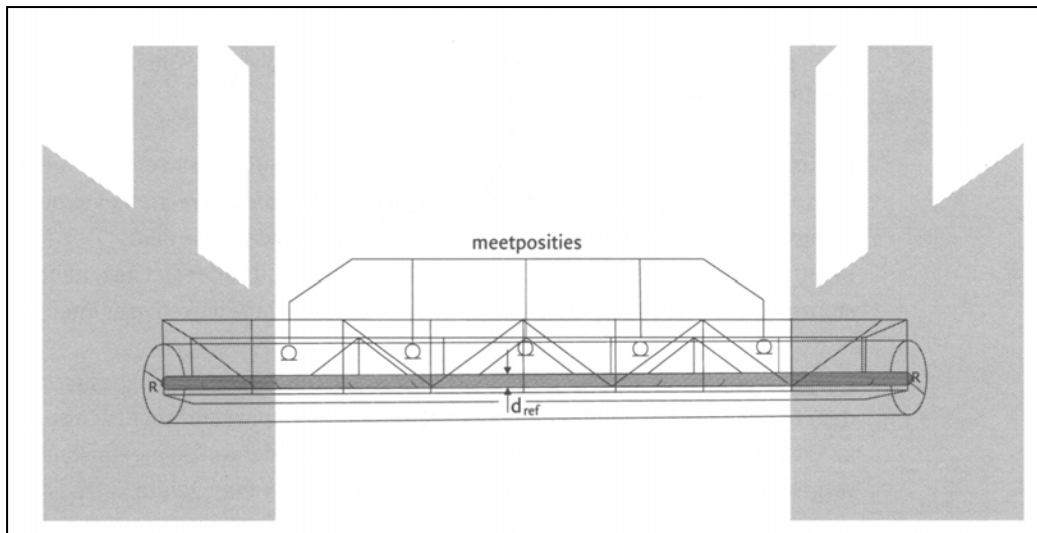
Soort vlakke bron	Meetafstand R [m]
Opening in wanden	$0 \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{ref}}$
Geluidafstralende wanden, platen	$0,5 \text{ m} \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{ref}}$

Lijnbron

Het meetvlak is een (halve) cilinder die gelijkvormig is aan het referentievlak. De straal R van het meetvlak moet voldoen aan:

- $R < 0,2 l$
- $R \geq 0,8 d_{ref}$
- $R \geq 0,5 d_{ref} + 0,5$

Hierbij is d_{ref} de diameter van het referentielichaam en l de lengte van de cilinder. In [figuur 2.8](#) is een voorbeeld gegeven. In dit voorbeeld komt het referentielichaam overeen met de compressorleiding.



Figuur 2.8 Voorbeeld van een geluidvermogenmeting aan een compressorleiding (bevestigd aan een leidingbrug die als vakwerk licht is getekend)

De oppervlakte van het meetvlak bedraagt:

Hele cilinder: $S_m = 2\pi Rl$

Halve cilinder: $S_m = \pi Rl$

Overige bronnen

Het meetvlak is gelijkvormig met het referentiële lichaam. In het oppervlak van het meetvlak is het bodemvlak en de overige afsluitende zijvlakken, zoals muren, niet opgenomen.

Voor de afstand tussen referentievlak en meetvlak moet worden voldaan aan:

$$0,5 \text{ m} \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{ref}}$$

Uitvoering van de geluidmetingen

Algemeen

Omdat bij methode I.3 erg dicht op de bron wordt gemeten, wordt er van uitgegaan dat stoorgeluid een geringe rol speelt. In voorkomende gevallen kan de stoorgeluidcorrectie, zoals beschreven in paragraaf 2.2.3 worden toegepast. Bij lage frequenties kunnen grote fouten optreden ten gevolge van akoestische nabijheidsvelden. Als verwacht kan worden dat met name de lage frequenties de meetwaarde beïnvloeden, wordt gebruik gemaakt van de in methode II gegeven methoden.

Als openingen worden gemeten waar sprake is van een luchtstroom (bijvoorbeeld uitblaasroosters), wordt erop toegezien dat deze luchtstroom niet de metingen beïnvloedt. In een dergelijk geval wordt net buiten de luchtstroom gemeten.

Er worden geen specifieke eisen gesteld aan de weersomstandigheden anders dan dat deze de metingen niet mogen beïnvloeden (regen, vocht, windgeruis, enzovoort).

Het karakter van het geluid geeft geen beperkingen aan de methode.

Meetduur

Bij cyclische processen wordt op alle meetpunten tenminste een gehele cyclus gemeten. Bij zwaaien omvat de meetduur per zwaai tenminste drie cyclussen.

Bij continue processen kan de meetduur over het algemeen tot 15 seconden worden beperkt. Uitgangspunt is hierbij dat de meting zolang wordt uitgevoerd dat het gemeten equivalente

geluidniveau een eindwaarde benadert, die bij een verdere verlenging van de meetduur niet meer dan 0,5 dB zou veranderen.

Aantal metingen

Discrete punten

Het aantal meetpunten N voldoet aan de voorwaarden uit tabel 2.9.

Tabel 2.9 Aantal discrete meetpunten afhankelijk van de soort bron

Betreft	Aantal meetpunten
Geluidafstralende objecten	$N \geq S_m / (4\pi R^2)$
Openingen	$N \geq \sqrt{S_m}$ (S_m in m^2)

Zwaaien

Een efficiënt alternatief voor het meten op discrete punten is de microfoon langzaam over het meetvlak te zwaaien en zo het gehele meetvlak of delen daarvan gelijkmatig af te tasten. Zwaaien moet bij voorkeur in platte vlakken plaatsvinden. Voor de afstand d_z tussen de zwaailijnen geldt als het criterium uit tabel 2.10.

Tabel 2.10 Afstand d_z tussen zwaailijnen afhankelijk van de soort bron

Betreft	Afstand d_z [m]
Geluidafstralende objecten	$d_z \leq 2 R$
Openingen	$d_z \leq 1 \text{ m}$

Bij voorkeur wordt een scan over een oppervlak driemaal herhaald, waarbij zo mogelijk ook andere zwaai patronen worden gekozen.

Bepaling immissierelevante geluidvermogen L_{WR}

Per meetpunt op het meetvlak wordt het geluidniveau voor elke bedrijfstoestand gemeten. Bij meerdere metingen worden de resultaten daarvan energetisch gemiddeld. Bij de zwaaimethode wordt één waarde per bedrijfstoestand vastgesteld.

Het geluidniveau over het meetvlak wordt gedefinieerd als het A-gewogen meetvlakniveau $\langle L_{SA} \rangle$.

Het geluidvermogen L_{WR} wordt berekend volgens de formule:

$$L_{WR} = \langle L_{SA} \rangle + 10 \log S_m - 1 + DI \quad L_{WR} = \langle L_{SA} \rangle + 10 \log S_m - 1 + DI \quad (2.11)$$

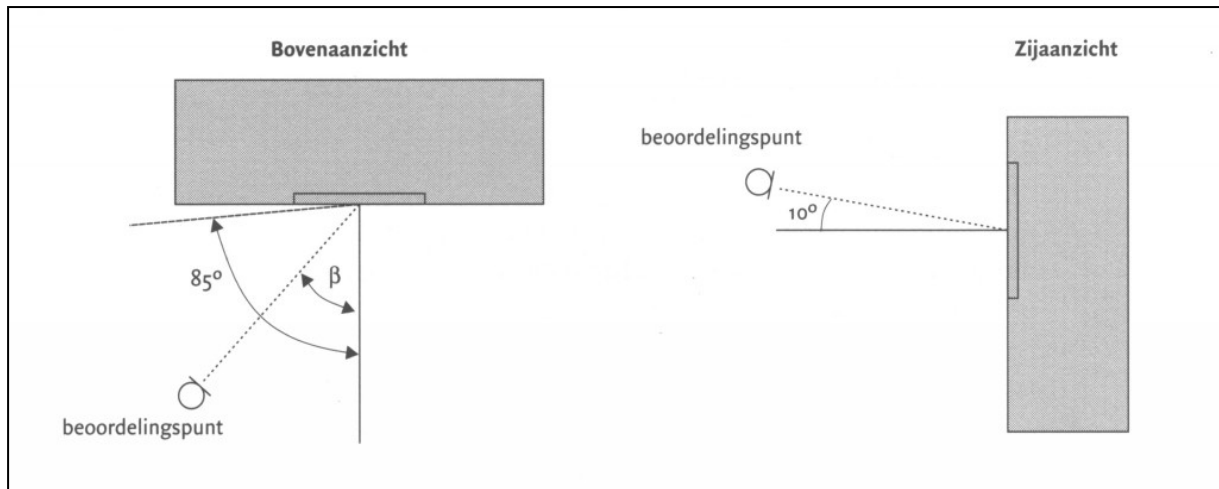
waarbij wordt verstaan onder:

$\langle L_{SA} \rangle$ = energetisch gemiddelde geluidniveau in dB(A) gemeten op het meetvlak

S_m = oppervlak van het meetvlak

DI = richtingsindex van de betreffende bron

De richtingsindex van de betreffende bron is afhankelijk van de hoek β en wordt bepaald volgens tabel 2.11. In figuur 2.9 is de hoek β weergegeven.



Figuur 2.9 Definitie hoek β

Tabel 2.11 Richtingsindex voor een hoek β

β [°]	DI [dB]
grote vlakke bronnen	
0-85	+3
85-115	-2
115-180	-7
rondom stralende bronnen	0

De nauwkeurigheid van berekeningen van vlakke bronnen volgens methode I neemt af bij een groter wordende hoek β .

Toepassing van deze methode voor hoeken groter dan 180° zal leiden tot gelijke of hogere geluidimmissieniveaus dan met methode II zullen worden berekend, mits geen overheersende reflecties in de overdrachtsweg optreden (conservatieve benadering).

Na bepaling van het geluidvermogen wordt in combinatie met het overdrachtsmodel in paragraaf 3.1 het geluidimmissieniveau bepaald.

2.3.3 Methode II

2.3.3.1 Geconcentreerde bronmethode (methode II.2)

Algemeen

Het doel van de methode is het vaststellen van de immissierelevante geluidvermogen in een bepaalde richting vanuit een geluidbron of een stelsel van geluidbronnen tijdens een goed gedefinieerde bedrijfssituatie.

Toepassingsgebied

De methode is geschikt voor bronnen, waarvan de grootste afmeting d in vergelijking tot de meetafstand R tussen het meetpunt en broncentrum als klein te beschouwen zijn (geconcentreerde bronnen). Voorwaarde is dat $R \geq 1,5 d$.

Meetapparatuur

De meetapparatuur voldoet aan de eisen geformuleerd bij de standaard immissiemeetmethode (paragraaf 2.2.6.2).

Vaststelling van de meetcondities

Brongeometrie en bedrijfssituatie

De metingen worden uitgevoerd bij een goed te omschrijven bedrijfssituatie. Als de bron meer bedrijfstoestanden kent die voor de representatieve situatie van belang zijn, worden deze allemaal gemeten.

Het is van belang bij de voorbereiding van metingen een volledige inventarisatie van de bedrijfstoestanden te maken, die voor de geluiduitstraling van belang zijn.

De volgende grootheden worden bepaald:

- de tijdsperiode T_b per bedrijfstoestand dat de bron binnen een beoordelingsperiode werkt;
- de bronhoogte h_b ;
- de brondiameter d .

Keuze van de meetlocatie

Afhankelijk van de geometrie kan men kiezen voor een methode met meetpunten op een hele of halve bol rond de bron. De meetpunten liggen telkens in de richting van een beoordelingspunt of immissiepunt. Als in meer richtingen informatie nodig is, wordt voor deze richtingen de procedure analoog uitgevoerd. De meetafstand kan hierbij per richting verschillen. Eventuele symmetrie-eigenschappen kunnen worden gebruikt bij de bepaling van de immissierelevante geluidvermogen.

In het geval dat aangenomen kan worden, dat de bron in horizontale richtingen gelijkmatig uitstraalt kan, ongeacht het aantal immissiepunten, met alleen één meetpunt in een willekeurige horizontale richting worden volstaan (bijvoorbeeld bij metingen aan een verticaal uitstromende schoorsteen). In het geval dat aangenomen kan worden dat de bron in verticale richtingen gelijkmatig uitstraalt kan, ongeacht de aanwezigheid van immissiepunten schuin boven of schuin onder de bron, met alleen één meetpunt in een willekeurige verticale richting worden volstaan.

De hoek tussen het door het broncentrum gelegde horizontale vlak en de verbindinglijn van broncentrum en meetpunt bedraagt in het algemeen 3° tot 12° . Dit komt overeen met de ligging van de meetpunten op het oppervlak van de hele of halve bol op een meethoogte h_m van:
 $h_b + 0,05R \leq h_m \leq h_b + 0,2R$.

Meetpunten op hele bol

Rond hooggeplaatste bronnen wordt een denkbeeldig meetvlak gelegd in de vorm van een hele bol, waarvan het middelpunt samenvalt met het broncentrum.

De straal R van de bol wordt zodanig gekozen dat geldt $1,5 d \leq R \leq 0,5 h_b$, waarbij h_b de hoogte van de bron is boven plaatselijk maaiveld (dat is meestal de grond of het dakvlak).

Bij situaties waar sprake is van hoog gelegen bronnen en laag gelegen immissieposities, of van laag gelegen bronnen en hoog gelegen immissieposities, worden ook metingen in de immissierelevante richting verricht.

Meetpunten op halve bol

Als een geconcentreerde bron dicht boven een horizontaal vlak is gesitueerd wordt als meetvlak een halve bol rond de bron gekozen.

Het middelpunt van de halve bol valt samen met de projectie van het broncentrum op het horizontale vlak. Voorbeelden zijn: bestrate en grasachtige bodems, daken van gebouwen en dergelijke. Voor de straal R van de bol geldt als voorwaarde dat $R \geq 1,5 d$ en bij voorkeur $R \geq 2 h_b$.

Er kan een meethoogte van 10 m worden gebruikt als $h_b + 0,05 R > 10$ en als aannemelijk gemaakt kan worden dat op die meethoogte hetzelfde geluidniveau optreedt als op dezelfde afstand op de gewenste meethoogte.

Reflecties en afschermingen

Er zijn geen afschermende objecten tussen de meetpunten en de bronnen aanwezig (vrij zicht van meetpunt naar bron).

Daarnaast worden, voor zover mogelijk, de meetpunten zodanig gekozen, dat het geluidniveau niet beïnvloed wordt door objecten, die niet als een onderdeel van de bron kunnen worden beschouwd. Een mogelijkheid om aan deze voorwaarden te voldoen is de meetafstand R zo groot te kiezen, dat de reflecterende en afschermende objecten als behorend bij de bron kunnen worden beschouwd.

Aangezien bij het samennemen van bronnen de onderlinge afscherming vaak onnauwkeurig in rekening kan worden gebracht, wordt aanbevolen de meetafstand R zo groot te kiezen dat de bronnen tezamen als geconcentreerde bron kunnen worden gemeten, in plaats van als afzonderlijke deelbronnen.

Het verdient uiteraard de voorkeur de situatie met behulp van diverse metingen vast te stellen, zodat metingen met elkaar vergeleken kunnen worden en tot een nauwkeurige analyse gekomen kan worden van de situatie.

Weersomstandigheden

Aanbevolen wordt R en h_m zo te kiezen dat voor alle bronnen in het brongebied geldt dat $R \leq 10 (h_b + h_m)$ en $R \leq 50$ m. Als dit niet het geval is moet aan het meteoraam industrielawaai worden voldaan (zie paragraaf 2.1.2).

Uitvoering van de geluidmetingen

Algemeen

Als het geluid hoorbare zuivere tonen bevat, wordt de microfoon tijdens de meting in de richting van de bodem of het van belang zijnde reflecterende vlak tenminste twee keer langzaam over circa 1,5 m heen en weer bewogen.

Door een geschikte keuze van meettijdstip en meetplaats wordt de invloed van stoorgeluid geminimaliseerd. Het zal bij vele metingen niet te voorkomen zijn dat in bepaalde frequentiebanden stoorgeluid optreedt. Als voorbeeld hiervan kunnen windturbulenties genoemd worden. In de praktijk bepalen windturbulenties in de lage frequenties nog weleens de meetwaarde.

Omdat de keuze van het meetpunt betrekkelijk vrij is, wordt er zorg voor gedragen dat stoorgeluidcorrecties die invloed hebben op het A-gewogen geluidniveau zo min mogelijk voorkomen. Hierbij wordt ook rekening gehouden met de te berekenen geluidniveaus op grotere afstand. Door het effect van luchtabsorptie in het midden- en hoogfrequente gebied neemt het belang van de laagfrequente componenten op grote afstand toe.

Meetduur

De meetduur wordt hoofdzakelijk bepaald door de variatie van de geluidemissie en de eventuele cyclische processen die daarin optreden.

Voorwaarde is dat de meetduur zodanig lang moet zijn dat het equivalente geluidniveau naar een vaste waarde gaat. Beperkte wijzigingen in het begin- of eindtijdstip van de metingen mogen het resultaat niet beïnvloeden.

Als op een afstand wordt gemeten waarbij aan het meteoraam industrielawaai moet worden voldaan, gelden de algemene regels van de immissiemeetmethode ten aanzien van de minimale meetduur (zie 2.2.6.4).

Aantal metingen

Afhankelijk van de afstand tot het broncentrum moet in het algemeen ten minste één meting per bedrijfstoestand worden uitgevoerd. In tabel 2.12 is het een en ander samengevat.

Tabel 2.12 Minimum aantal metingen

Meetafstand R [m]	Minimum aantal metingen
$R \leq 50$	1
$50 < R \leq 150$	2
$R > 150$	3

De meetresultaten worden na stoorgeluidcorrectie per bedrijfsperiode energetisch gemiddeld. Als een meetresultaat van een bedrijfstoestand als gevolg van niet optimale meteorologische omstandigheden 5 dB of meer onder het energetisch gemiddelde ligt, wordt deze vervangen door een nieuwe meting.

Berekening van het geluidvermogen L_{WR}

Uit de meetwaarden wordt het energetisch gemiddelde geluidsdrukkniveau $L_{Aeq,T}$ per frequentieband afgeleid door middel van energetische middeling van de afzonderlijke resultaten.

Het immissierelevante geluidvermogen wordt berekend volgens de formules:

Voor afstanden $R < 20$ m:

~~Hele bol: $L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2$~~

~~Hele bol: $L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2$~~
~~Halve bol: $L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2 - 2$~~

$$\text{Halve bol: } L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2 - 2 \quad (2.12)$$

Voor afstanden $R \geq 20$ m:

~~Hele bol: $L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2 + a_{lu}R$~~
~~Hele bol: $L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2 + a_{lu}R$~~

~~Halve bol: $L_{WR} = L_{Aeq,T} - L_{fictief}$~~
~~Halve bol: $L_{WR} = L_{Aeq,T} - L_{fictief}$~~

$$\text{Halve bol: } L_{WR} = L_{Aeq,T} - L_{fictief} \quad (2.13)$$

waarbij wordt verstaan onder:

a_{lu} = luchtabsorptiecoëfficiënt (zie paragraaf 3.2.3.2)

Toelichting

Voor de halve-bolmethode wordt het overdrachtsmodel van methode II gebruikt om de overdracht te bepalen tussen de 'vervangende puntbron' en het meetpunt.

1. Het brongebied wordt voor deze berekening vereenvoudigd tot één vervangende puntbron in het akoestische zwaartepunt, waarbij de werkelijke bodemeigenschappen worden ingevoerd in het overdrachtsmodel van methode II.
2. Er wordt per octaafband een geluidvermogen $L_{WR,fictief}$ aangenomen van 0 dB. Als een normering van 0 dB met de gebruikte rekenprogrammatuur niet mogelijk is, kan ook worden gekozen voor een geluidvermogen van 100 dB per octaafband.
3. Met het overdrachtsmodel wordt op het meetpunt per octaafband het geluidsdrukkniveau $L_{fictief}$ berekend.
4. Per octaafband wordt het geluidvermogen bepaald uit: $L_{WR} = L_{Aeq,T} + (L_{WR,fictief} - L_{fictief})$. Hierin is $L_{Aeq,T}$ het op het meetpunt gemeten geluidsniveau in de desbetreffende octaafband.

Specialistische rekenmodellen

In uitzonderingsgevallen is het gewenst bij de halve bol methode met de specifieke frequentie-eigenschappen van een bodemreflectie rekening te houden. Hierbij zijn metingen in tertsbanden of fijner een vereiste. Het optreden van bodemeffecten kan bepaald worden met specifieke

stralenberekeningen of andere gevalideerde specialistische methoden. De overdrachtsberekening van het overdrachtsmodel van methode II kan dan door deze vaak veel complexere berekeningen worden vervangen (zie paragraaf 3.4: Hybride methoden).

2.3.3.2 Aangepaste meetvlakmethode (methode II.3)

Algemeen

Het doel van deze methode is de bepaling van het geluidvermogen van een bron uit geluidmetingen die op korte afstand van de bron zijn verricht.

Het oogmerk hierbij is veelal om het geluidvermogen van (kleine) apparaten te bepalen. Dit maakt dat deze methoden vaak niet direct toepasbaar zijn voor in situ metingen in de industrie (zie paragraaf 2.3.3.4). In dit hoofdstuk wordt een afzonderlijke meetmethode beschreven, die een wijder toepassingsgebied heeft.

Omdat met deze methode het geluidvermogen wordt bepaald en principieel geen richtingsinformatie wordt verkregen, heeft het gebruik van de geconcentreerde bronmethode de voorkeur boven deze methode. Veelal zal de aanwezigheid van stoorgeluid het echter noodzakelijk maken om op kortere afstand dan $R = 1,5 d$ te meten hetgeen tot toepassing van deze methode leidt. De meetpunten liggen dan op een denkbeeldig meetvlak, waarvan de vorm is aangepast aan de vorm van de bron. Deze meetmethode wordt ook in internationale standaarden aangegeven.

Toepassingsgebied

De methode wordt toegepast in situaties waarbij zeer dicht bij de bron moet worden gemeten. De methode is in principe toepasbaar voor alle soorten bronnen met afmetingen die groter zijn dan circa 2 m. Voorbeelden zijn:

- gebouwen en onderdelen ervan;
- openingen in gebouwen;
- pijpleidingen.

Meetapparatuur

De meetapparatuur voldoet aan de eisen geformuleerd bij de standaard immissiemeetmethode (zie hoofdstuk 2.2.6.2).

Vaststelling van de meetcondities

De metingen worden uitgevoerd bij een goed te omschrijven bedrijfssituatie. Als de bron meer bedrijfstoestanden kent die voor de representatieve situatie van belang zijn, worden deze allemaal gemeten.

Het is van belang bij de voorbereiding van metingen een volledige inventarisatie te maken van de bedrijfstoestanden van bronnen die voor de geluiduitstraling van belang zijn.

Onder bronnen worden alleen de geluidafstralende onderdelen van machines, apparaten en gebouwen verstaan. Alle onderdelen waarvan op basis van een beoordeling ter plaatse duidelijk is dat hun geluidafstraling verwaarloosbaar is, worden buiten beschouwing gelaten.

In de overdrachtsberekening kan het gewenst zijn een bron in deelbronnen op te splitsen in verband met afschermingen en reflecties nabij de bron. Vooraf moet beoordeeld worden of de splitsing in deelbronnen aanvullende metingen behoeft.

De brongeometrie wordt geschematiseerd met een zogenaamd referentievlak of -lichaam. Dit is een (gebogen) oppervlak met simpele geometrie dat de bron zo nauw mogelijk omsluit. De bronnen worden geclassificeerd zoals in tabel 2.13 aangegeven.

Tabel 2.13 Classificatie van bronnen voor aangepast meetvlak

Soort	Omschrijving/referentievlak	Voorbeeld

Vlakke bronnen	het referentievlak is een plat vlak	gevels, grote openingen in gebouwen
Lijnbronnen	het referentievlak is een cilinder of als de lijnbron nabij de grond staat, een halve cilinder	pijpleidingen, spleetvormige openingen, transportbanden
	ook een reeks langs een lijn gesitueerde identieke puntbronnen zijn te beschouwen als lijnbron	pompenstraten, rij ventilatoren, rij branders van een fornuis, vracht-wagenroutes
Overige bronnen	alle bronnen die noch als vlakke, noch als lijnbronnen kunnen worden geclassificeerd	apparaten, koelbanken en dergelijke.

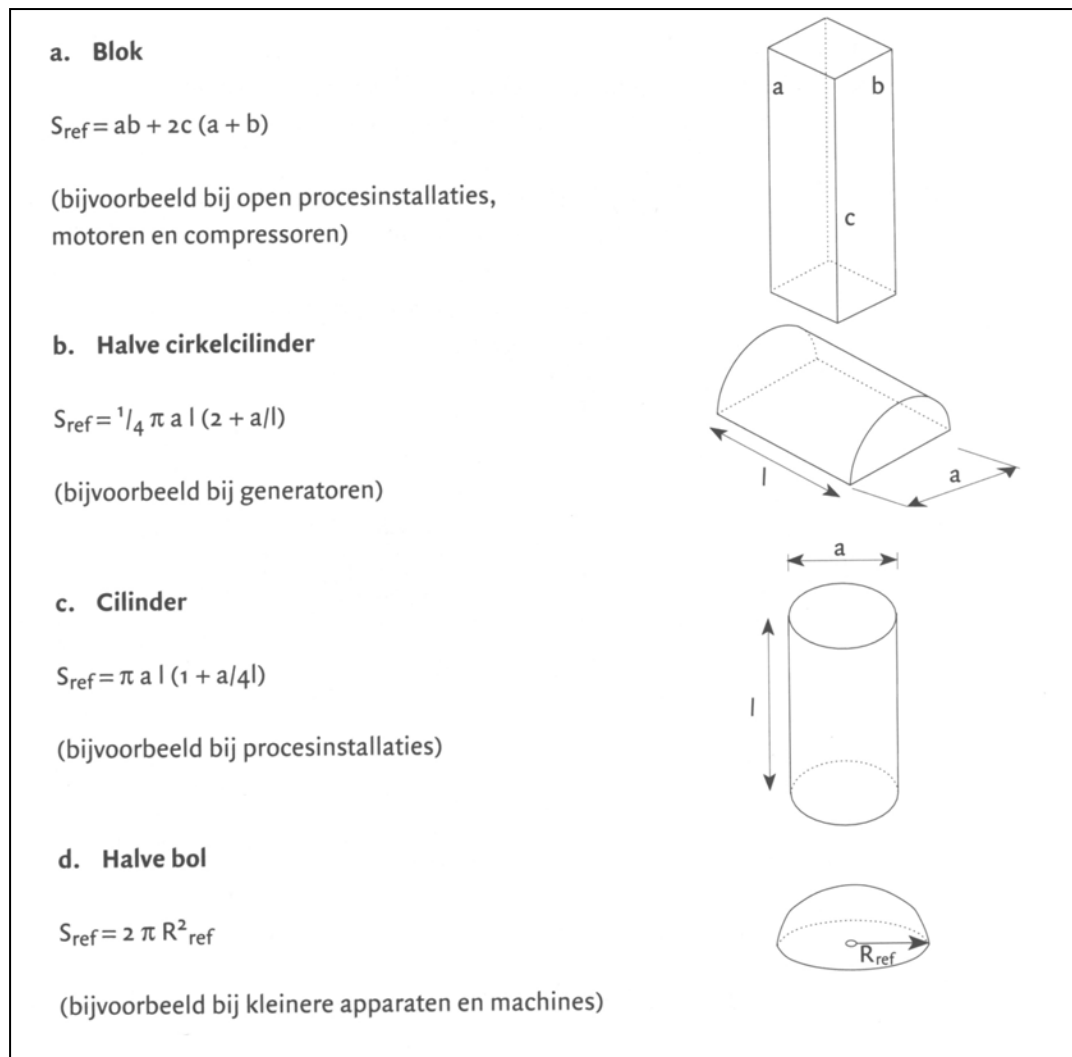
Het referentieliĉaam voor de overige bronnen omsluit de bron zo nauw mogelijk, waarbij uitstekende onderdelen die geen geluid afstralen buiten beschouwing worden gelaten. Het referentieliĉaam heeft één van de volgende vormen of een combinatie daarvan (zie figuur 2.10):

- blok (rechthoekig parallellepipedum);
- halve cilinder;
- cilinder;
- halve bol.

Het referentieliĉaam mag niet inspringen of inkepingen vertonen. Ook sluit het referentieliĉaam altijd aan bij de grond, zowel harde als absorberende bodems of bij een ander vlak, zoals wanden en daken van gebouwen en dergelijke.

De volgende grootheden worden bepaald:

- de tijdsperiode T_b per bedrijfstoestand dat de bron binnen een beoordelingsperiode werkt;
- de bronhoogte h_b ;
- de oppervlakte S_{ref} van het referentieliĉaam.



Figuur 2.10 Vormen van referentielichamen

N.B. De oppervlakte van het meetvlak S_m kan op gelijke wijze worden berekend.

Keuze van de meetlocatie

De meetpunten gekozen op een aangepast meetvlak. Algemene uitgangspunten bij de keuze van het meetvlak zijn dat het meetvlak:

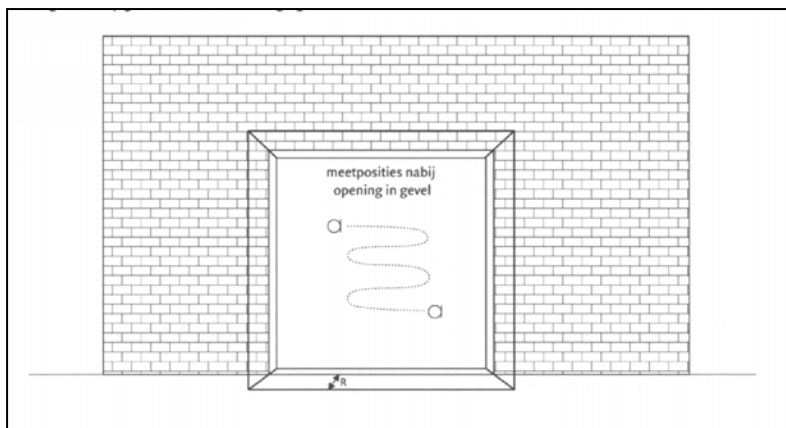
- op een vaste afstand ligt van het referentievlak;
- de bron volledig omsluit of aansluit op de bodem of niet geluidafstralende vlakken, objecten rond de bron;
- op een relatief kleine afstand van de bron wordt geplaatst;
- goed bereikbaar is voor het uitvoeren van metingen.

Per type bron worden specifieke eisen geformuleerd.

Vlakke bron

Voor vlakke bronnen wordt een meetvlak gekozen dat bestaat uit:

- een hoofdvlak evenwijdig aan het referentievlak en afmetingen gelijk aan het referentievlak;
- een smalle randstrook langs de omtrek van het hoofdvlak waarop geen metingen worden verricht en die verder buiten beschouwing blijft.



Figuur 2.11 Geluidvermogenmeting van een open deur van een bedrijf. De bron wordt als een vlakke bron beschouwd

Het oppervlak van het referentievlak S_{ref} is even groot als het oppervlak van het meetvlak S_m . In figuur 2.11 is een voorbeeld gegeven.

Voorzichtigheid is geboden als een in pandige geluidbron met relatief hoge geluiduitstraling vanuit een beoordelingspositie zichtbaar is via een open deur. In bepaalde situaties kan die geluidbron in die beoordelingspositie een hogere geluidbijdrage leveren dan de geluiduitstraling van het nagalmgeluidveld in de deuropening. Toepassing van methode II.3 gevolgd door overdrachtsberekeningen leidt dan tot te lage geluidniveaus in die beoordelingspositie.

Dan wordt in de beoordelingspositie de bijdrage van het directe geluidveld van die geluidbron bepaald, inclusief een eventuele reflectie tegen de binnenzijde van de (achter)wand van het gebouw (middels meting of overdrachtsberekening) en energetisch te worden gesommeerd met het middels methode II.3 en overdrachtsberekening bepaalde geluidniveau.

Voor de afstand R tussen meetvlak en referentievlak gelden de afstanden uit tabel 2.14.

Tabel 2.14 Afstand R afhankelijk van de soort bron

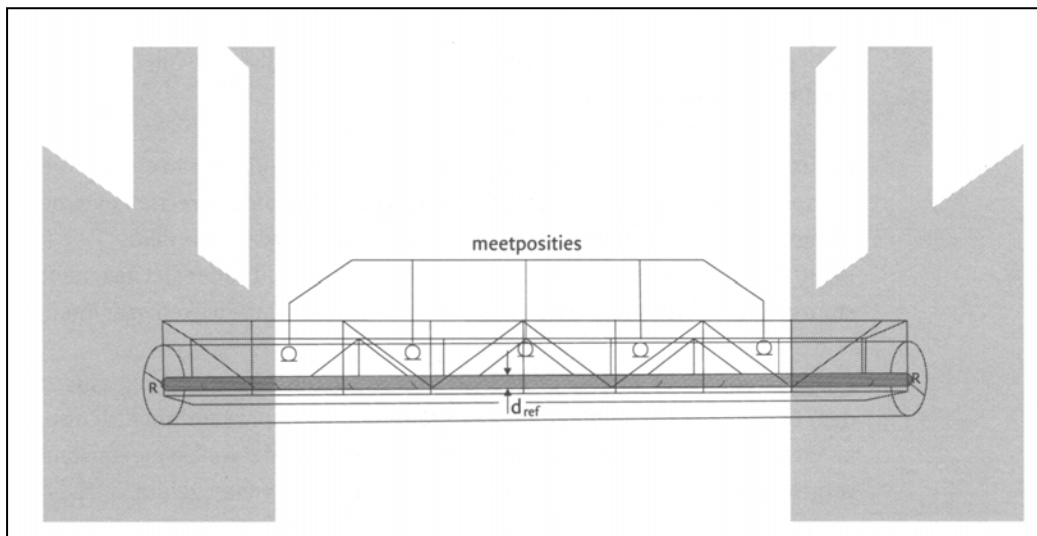
Soort vlakbron	Meetafstand R [m]
Openingen in wanden	$0 \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{ref}}$
Geluidafstralende wanden, platen	$0,5 \text{ m} \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{ref}}$

Lijnbron

Het meetvlak is een (halve) cilinder die gelijkvormig is met het referentievlak. De straal R van het meetvlak moet voldoen aan:

- $R < 0,2 l$
- $R \geq 0,8 d_{ref}$
- $R \geq 0,5 d_{ref} + 0,5$

Hierbij is d_{ref} de diameter van het referentielichaam (in dit geval gelijk aan de compressorleiding) en l de lengte van de cilinder. In figuur 2.12 is een voorbeeld gegeven.



Figuur 2.12 Voorbeeld van een geluidvermogenmeting aan een compressorleiding (bevestigd aan een leidingbrug die als vakwerk licht is getekend)

De oppervlakte van het meetvlak bedraagt:

- Hele cilinder: $S_m = 2\pi Rl$
- Halve cilinder: $S_m = \pi Rl$

Overige bronnen

Het meetvlak is gelijkvormig aan het referentie lichaam. In het oppervlak van het referentievlak zijn het bodenvlak en de overige afsluitende zijvlakken, zoals muren, niet opgenomen.

De afstand tussen referentievlak en meetvlak moet voldoen aan:

$$0,5 \text{ m} \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{ref}}$$

Uitvoering van de geluidmetingen

Algemeen

Als het geluidniveau met de verschillende bedrijfstoestanden varieert en verwacht wordt dat de variaties op alle meetpunten ongeveer gelijk zouden zijn, kan worden volstaan met een meting van de variaties op enkele referentiepunten. Voor de meest van belang zijnde bedrijfstoestand moet echter de gehele methode worden gevolgd.

Als blijkt dat op het meetvlak het geluidniveau van enige punten meer dan 10 dB boven het gemiddelde niveau uitkomen, wordt een andere brondefinitie gemaakt. Meestal is de verhoging een gevolg van een zeer sterke lokale bron, die mogelijk met een geconcentreerde bronmethode kan worden gemeten.

Omdat erg dicht op de bron wordt gemeten, wordt ervan uitgegaan dat stoorgeluid een geringe rol speelt. In voorkomende gevallen kan de stoorgeluidcorrectie zoals beschreven bij de algemene immissiemeetmethode (paragraaf 2.2.3) worden gebruikt.

Richtmicrofoons in de nabijheid van bronnen werken in dit kader niet naar behoren. Bij ernstige stoorgeluidproblematiek wordt zodoende aangeraden uit te wijken naar intensiteitsmetingen.

Bij lage frequenties kunnen grote fouten optreden ten gevolge van akoestische nabijheidsvelden.

Als vooral in het lage frequentiebereik grote nauwkeurigheid wordt gevraagd, wordt aangeraden uit te wijken naar de intensiteitsmethode, of de meetafstand tot objecten te vergroten tot ten minste een kwart golflengte van het te meten geluid.

Het karakter van het geluid geeft geen beperkingen aan de methode.

Meetduur

Bij cyclische processen wordt op alle meetpunten tenminste een cyclus gemeten. Bij zwaaien omvat de meetduur per zwaai tenminste drie cyclussen.

Bij continue processen kan de meetduur over het algemeen tot 15 seconden worden beperkt. Uitgangspunt is dat de meting zolang wordt uitgevoerd dat er een eindwaarde benaderd wordt, die bij een verdere verlenging van de meetduur niet meer dan 0,5 dB verandert.

Aantal metingen

De meetpunten worden gelijkmatig verdeeld over het meetvlak.

Discrete meetpunten

Het aantal meetpunten N voldoet aan de voorwaarden uit tabel 2.15.

Tabel 2.15 Aantal discrete meetpunten afhankelijk van de soort bron met (S_m in m^2)

Betreft	Aantal meetpunten
Geluidafstralende objecten	$N \geq S_m/(4\pi R^2)$
Openingen	$N \geq \sqrt{S_m}$

Als aannemelijk is dat de bron over zijn oppervlak min of meer gelijkmatig geluid uitstraalt en het aantal meetpunten volgens bovenstaande tabel onpraktisch hoog wordt, kan met een kleiner aantal punten volstaan worden. Richtlijn is voor kleine bronnen $N \geq 5$ en voor bronnen met een referentieoppervlak S_{ref} groter dan $200 m^2$ $N \geq 10$. Ook moet de standaarddeviatie van het gemiddelde (σ_n) voldoen aan $\sigma_n \leq 1$, waarbij σ_n wordt berekend volgens de formule:

$$\sigma_n^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(L_{pA}(i) - L_{pA})^2}{N(N-1)} \quad (2.14)$$

Zwaaien

Een efficiënt alternatief voor het meten op discrete punten is de microfoon langzaam over het meetvlak te zwaaien en zo het gehele meetvlak of delen daarvan gelijkmatig af te tasten. Zwaaien moet bij voorkeur in platte vlakken plaats vinden. Voor de afstand d_z tussen de zwaailijnen geldt het criterium in tabel 2.16.

Tabel 2.16 Afstand d_z tussen zwaailijnen afhankelijk van de soort bron

Betreft	Afstand d_z [m]
Geluidafstralende objecten	$d_z \leq 2R$
Openingen	$d_z \leq 1 m$

Bij voorkeur wordt een scan over een oppervlak driemaal herhaald waarbij zo mogelijk ook andere zwaailijnen gekozen worden.

Berekening van het geluidvermogen L_{WR}

Meetvlakniveau $<L_s>$

Van het aangepast meetvlak wordt het oppervlak S_m bepaald. Vervolgens wordt per deelvlak (met oppervlak S_k) het geluidniveau L_k per frequentieband gemeten. Vervolgens wordt hiermee het meetvlakniveau bepaald volgens de formule:

$$<L_s> = 10 \log \left(\frac{1}{S_m} \sum_{k=1}^N 10^{\frac{L_k}{10}} S_k \right) \quad (2.15)$$

Als de oppervlakken van de deelvlakken minder dan 20% van het gemiddelde deelvlak- oppervlak verschillen, wordt direct over de meetpunten gemiddeld volgens de formule:

$$\langle L_s \rangle = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N 10^{\frac{L_k}{10}} \right) \quad (2.16)$$

Nabijheidsveldcorrectie ΔL_F

Als dicht op de bron wordt gemeten, is er sprake van een geometrisch nabijheidsveld. Hiervoor kan worden gecorrigeerd door toepassing van de nabijheidsveldcorrectie ΔL_F . Maatgevend voor deze correctieterm is Q , die gedefinieerd wordt als de verhouding tussen het oppervlak van het referentieveld en het meetvlak. De bodem, de muren en ook andere niet afstralende zijvlakken worden niet meegeteld bij de bepaling van het meetvlak.

Tabel 2.17 Nabijheidsveldcorrectie ΔL_F

$Q = S_{ref}/S_m$	ΔL_F [dB]	Voorbeelden
$0,9 \leq Q < 1$	-3	Vlakke bronnen
$0,7 \leq Q < 0,9$	-2	Lange cilindrische meetvlakken om pijpen enzovoort
$0,4 \leq Q < 0,7$	-1	Vele van de gangbare meetvlakken rond grote apparaten
$0 \leq Q < 0,4$	0	Vormt overgang naar geconcentreerde bron
Algemeen:		
$Q \geq 0,4$	$-5 \cdot (Q - 0,4)$	
$Q < 0,4$	0	

Richtingsindex DI

Voor de bepaling van de richtingsindex moet de oriëntatie van de bron worden vastgesteld.

Vlakke bron

Voor vlakke bronnen wordt een richtingsindex aangehouden zoals deze telt voor gebouwvlakken in het overdrachtsmodel. Overdrachtsmodellen kennen vrijwel altijd schermen en vaak gebouwen als een afzonderlijk item. Als de richting is vastgelegd, brengt het rekenmodel de richtingsindex in rekening (zie paragraaf 2.3.3.6). In het geval dat in het rekenmodel geen gebouwen of schermen gemodelleerd kunnen worden, worden de vlakke bronnen als puntbronnen gemodelleerd, die in kritische situaties voor de verschillende richtingen voorzien zijn van verschillende richtingsindices. Bij het overdrachtsmodel is de DI alleen in een bepaalde richtingssector geldig.

Overige bronnen

- als de bron gelijkmatig in alle richtingen straalt, is de richtingsindex $DI = 0$;
- als de bron vrij opgesteld staat maar richtingsafhankelijk uitstraalt, zal de DI door metingen bepaald moeten worden;
- als de bron richtingsafhankelijk uitstraalt, maar te midden van verstrooiende objecten staat, zal het richteffect verloren gaan. Meestal zal dan een term $D_{terrein}$ (zie paragraaf 3.2.3.6) bij de overdracht in rekening moeten worden gebracht;
- als de bron is opgesteld voor één of meer verticale reflecterende vlakken die deel uitmaken van de bron wordt een richtingsindex vastgesteld volgens de formule:

$$DI = 10 \log(4\pi/\Omega) \quad DI = 10 \log(4\pi/\Omega) \quad (2.17)$$

waarbij wordt verstaan onder:

Ω = de niet afgeschermd ruimtehoek

DI houdt geen rekening met de bodem, waardoor deze bodem buiten beschouwing blijft. Bij het overdrachtsmodel is de DI alleen in een bepaalde richtingssector geldig.

Berekening geluidvermogen L_{WR}

De immissierelevante geluidvermogen wordt berekend volgens de formule:

$$L_{WR} = \langle L_s \rangle + 10 \log S_m + \Delta L_F + DI_{LWR} = \langle L_s \rangle + 10 \log S_m + \Delta L + DI \quad (2.18)$$

De berekening vindt per octaafband plaats of in smallere banden, waarna de A-gewogen geluidvermogen uit de bijdrage van de diverse frequentiebanden wordt berekend.

Als in bepaalde gevallen alleen een schatting van de A-gewogen geluidvermogen is vereist, kan de procedure in zijn geheel direct op A-gewogen geluidniveaus worden toegepast.

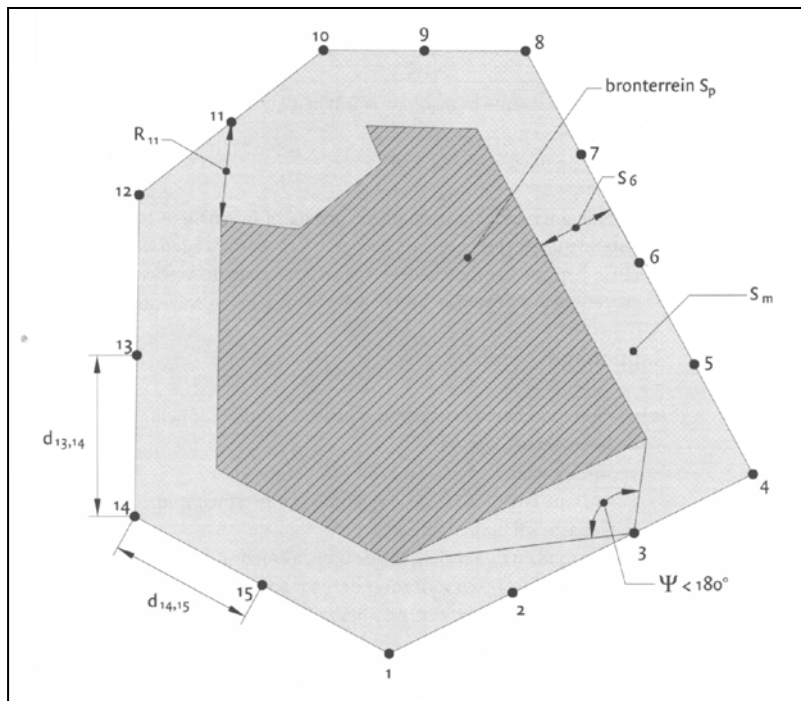
2.3.3.3 Rondommethode (methode II.4)

Algemeen

Het doel van de methode is het vaststellen van de immissierelevante geluidvermogen van uitgestrekte installaties, waarvan de horizontale afmetingen veel groter zijn dan de verticale afmetingen. Deze bronnen stralen min of meer gelijkmatig af tijdens een goed gedefinieerde bedrijfssituatie.

De metingen vinden in octaafbanden of smalbandiger plaats in het gehele gebied dat de 31,5 Hz tot en met 8.000 Hz octaafband omvat.

De metingen en berekeningen worden verricht volgens ISO 8297 [L.2]. Deze methode kan als volgt worden beschreven.



Figuur 2.13 Toelichting bij de keuze van de meetpunten

Ter bepaling van het geluidvermogen wordt allereerst het geluiddrukkniveau gemeten op een aantal punten op een meetlijn, die op kleine afstand rond het brongebied ligt (zie figuur 2.13). Met de resultaten van de metingen kan met de formules die zijn gegeven aan het einde van deze

paragraaf het geluidvermogen bepaald worden. Bij het bepalen van het geluidvermogen wordt uitgegaan van $D_{b,br} = -1$. Het bepaalde geluidvermogen bevat geen richtingsinformatie (de bron mag deze immers niet bevatten).

Het grote voordeel van de methode is dat in complexe situaties op betrekkelijk eenvoudige wijze een emissie wordt gevonden waarin interne afschermingen en verstrooiing door installaties op het bronterrein al verdisconteerd zijn.

In het algemeen is door de uitgestrektheid van het bronterrein en de verschillende bronhoogten, het effect van een afscherming zeer onnauwkeurig te berekenen, tenzij het scherm dichtbij het immissiepunt is gesitueerd.

Voor uitgestrekte bronterreinen, waarbij veel verstrooiing van geluid optreedt, is het overdrachtsmodel voldoende nauwkeurig. Een verfijnder overdrachtsmodel zal de nauwkeurigheid dan in het algemeen niet verbeteren. Wel moet worden overwogen dat als het bronterrein te midden van andere volgebouwde terreinen is gelegen, het effect van afscherming door andere installaties door berekeningen mogelijk enigszins wordt onderschat.

Dit kan worden ondervangen door het bronterrein in verscheidene delen van gelijke sterkte op te splitsen. De interne afscherming van het gehele brongebied wordt niet in de overdrachtsberekening betrokken, wel die van de naast het bronterrein gelegen installaties.

Toepassingsgebied

De methode is geschikt voor installaties en industrieën die in horizontale richting en veel uitgestrekter zijn dan in verticale. De horizontale afmetingen van het door de bronnen ingenomen oppervlak zijn beperkt door de voorwaarde:

$$16 \geq \sqrt{S_p} \leq 320 \text{ m}$$

Hierin is S_p gelijk aan de grootte van het bronterrein.

De methode kan niet worden toegepast als de bron sterk richtingsafhankelijk afstraalt.

Het vastgestelde geluidvermogen kan worden gebruikt als het immissiepunt op een afstand R van het bron-centrum ligt, waarvoor geldt:

$$R \geq 1,5\sqrt{S_p}$$

Meetapparatuur

Bij gebruik van een omnidirectionele microfoon moet worden voldaan aan het gestelde bij de immissiemeting (zie paragraaf 2.2.6.2).

Vaststelling van de meetcondities

Brongeometrie en bedrijfssituatie

De metingen worden uitgevoerd tijdens een goed te omschrijven bedrijfssituatie. Naast een kwalitatieve bronomschrijving worden de volgende grootheden vastgesteld:

- de tijd dat de bron in werking is of de duur van de akoestisch onderscheidbare bedrijfstoestanden;
- de gemiddelde bronhoogte h_b (voor grote complexe industrieën is in het algemeen $5 \text{ m} < h_b < 20 \text{ m}$);
- het oppervlakte S_p van het bronterrein, de brondiameter d en het broncentrum B.

Keuze van de meetlocaties

Keuze van de meetlijn

De meetpunten liggen op een gesloten meetlijn rondom het brongebied (zie figuur 2.13). Bij het vastleggen van de meetlijn moet aan de volgende randvoorwaarden worden voldaan:

- De gemiddelde afstand R_m (en bij voorkeur de afstand van ieder meetpunt) van de meetlijn tot aan de begrenzing van het brongebied moet voldoen aan
 $R_m \geq 0,05\sqrt{S_p}$ en $R_m \geq 5$ m
- De afstand R_m wordt zo groot mogelijk gekozen als door stoorgeluid wordt toegelaten, mits:
 $R_m \leq 0,5\sqrt{S_p}$ en $R_m \leq 35$ m
- Vanuit ieder punt op de meetlijn is de hoek ψ waaronder het bronterrein wordt gezien kleiner of gelijk aan 180° .

Aantal meetpunten en meethoogte

Het aantal meetpunten is afhankelijk van de afstand van de meetlijn tot het broncentrum en de lengte l van de meetlijn. De afstand $d_{k,k+1}$ tussen twee naast elkaar gelegen meetpunten k en $k + 1$ moet voldoen aan:

$$d_{k,k+1} \leq 2 R_m$$

Hierin is R_m de gemiddelde afstand tussen de meetpunten en het bronterrein en wordt berekend volgens de formule:

$$R_m = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N R_k \quad (2.19)$$

De meetpunten moet en op gelijke afstand (binnen een fout en marge van 10 %) van elkaar liggen. Als bepaalde meetpunten niet bereikbaar zijn, moet dit in de rapportage worden vermeld. Als op meer dan 10% van de punten niet kan worden gemeten moet een nieuwe meetlijn worden gekozen.

De meethoogte h_m wordt bepaald op basis van de (gemiddelde) bronhoogte h_b en het oppervlak S_m volgens de formule:

$$h_m = h_b + 0,025\sqrt{S_m} \text{ en minimaal } h_m = 5m \quad (2.20)$$

Als een grotere hoogte dan 5 m wordt gewenst en de meethoogte is praktisch niet realiseerbaar, wordt zo hoog mogelijk gemeten. Dit is alleen toegestaan wanneer aannemelijk kan worden gemaakt dat op de werkelijke meethoogte dezelfde waarden worden gevonden als op de gewenste meethoogte.

Reflecties en afschermingen

Bij de keuze van de meetlijnen wordt zoveel mogelijk voldaan aan de volgende eisen:

- geen reflecterende vlakken buiten de meetlijn, die van invloed zijn op het te meten geluiddrukkniveau;
- geen afschermende objecten tussen meetlijn en bronterrein (b.v. bronnen op daken, zoals dakventilatoren, koelaggregaten e.d. worden niet door de dakrand afgeschermd).

Weersomstandigheden

Er worden geen specifieke eisen gesteld aan de weersomstandigheden anders dan is aangegeven in paragraaf 2.1.2. Het meteoraam is niet van toepassing.

Uitvoering van de geluidmetingen

Algemeen

De geluidmetingen worden uitgevoerd in octaafbanden van 31,5 Hz tot en met 8.000 Hz.

Als stoorgeluid de meting beïnvloedt, kan een stoorgeluidcorrectie worden toegepast. Deze correctie bedraagt volgens de ISO-norm niet meer dan 1 dB op het totale niveau.

Als de signaal/stoorverhouding minder dan 6 dB bedraagt moet er rekening mee worden gehouden dat het berekende geluidvermogen te hoog is. Een aanvullende foutenanalyse moet dan deel uitmaken van de rapportage.

Meetduur

Op iedere meetplaats moet tenminste 1 minuut worden gemeten. Bij cyclische processen wordt aangeraden enige malen een geheel proces te meten.

Aantal metingen

Hoewel in principe voor elke bedrijfstoestand een complete rondommeting moet worden uitgevoerd, kan, als aannemelijk is dat de emissievariatiën de niveaus op alle meetpunt en nagenoeg gelijk beïnvloeden, worden volstaan met een meting van die variatiën op vier meetpunten rondom het bronterrein.

In ieder geval moet één complete rondommeting worden uitgevoerd.

Als op het bronterrein zeer hoge en immissierelevante bronnen aanwezig zijn, waarvan de bijdragen door de rondommeting niet meegenomen worden (in verband met afscherming en/of richtwerking van deze bronnen), wordt het geluidvermogen van deze bronnen afzonderlijk bepaald.

Berekening van het geluidvermogen L_{WR}

De berekening van het geluidvermogen verloopt volgens het onderstaande schema:

Stap 1

Het gemiddelde meetlijnniveau $\langle L_p \rangle$ wordt uit het gemeten geluidniveau L_k op punt k per octaafband berekend volgens de formule:

$$\langle L_p \rangle = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N 10^{\frac{L_k}{10}} \right) \quad (2.21)$$

Stap 2

Het verschil tussen het hoogste en laagste vastgestelde niveau L_k bedraagt ten hoogste 10 dB. Bij grotere verschillen moet een andere meetlijn of andere geluidvermogenbepalings-methode worden toegepast.

De octaafbandniveaus van het geluidniveau L_k die de octaafbandniveaus van het gemiddeld meetlijnniveau $\langle L_p \rangle$, zoals bepaald in stap 1 met meer dan 5 dB overschrijden, worden vervangen door de gecorrigeerde waarde $L_k^* = \langle L_p \rangle + 5$.

Stap 3

Er wordt per octaafband een gecorrigeerd gemiddeld meetlijnniveau $\langle L_p^* \rangle$ berekend volgens de formule:

$$\langle L_p^* \rangle = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^n 10^{\frac{L_k^*}{10}} \right) \quad (2.22)$$

Stap 4

Een oppervlakteterm ΔL_s wordt bepaald volgens de formule:

$$\Delta L_s = 10 \log \frac{2S_m + h_m l}{S_o} \quad (2.23)$$

waarbij wordt verstaan onder:

$S_o = 1 \text{ m}^2$

S_m = oppervlak omsloten door meetlijn in m^2

l = lengte van de meetlijn, dit is $\sum d_k$

Stap 5

De nabijheidsveldcorrectie ΔL_F wordt bepaald volgens de formule:

$$\Delta L_F = \log \left(\frac{R_m}{4\sqrt{S_p}} \right) \quad (2.24)$$

Stap 6

Als van een richtmicrofoon gebruik wordt gemaakt, moet een microfooncorrectie ΔL_m toegepast worden volgens de formule:

$$\Delta L_M = 3 \left(1 - \frac{\theta}{90} \right) \quad (2.25)$$

waarbij wordt verstaan onder: θ = hoek tussen de 0° richting en de richting waarbij de gevoeligheid van de microfoon met 3 dB is teruggevallen. θ is ten hoogste 90° .

Stap 7

Voor de luchtabsorptieterm ΔL_α in de methode wordt de luchtabsorptiecoëfficiënt a_{lu} gebruikt behorend bij de actuele weersomstandigheden volgens ISO 9613-1 [C.1] dan wel van de standaardomstandigheden volgens het overdrachtsmodel van methode II (zie paragraaf 3.2.3.2). De luchtabsorptieterm kan worden bepaald volgens de formule:

$$\Delta L_\alpha = 0,5 a_{lu} \sqrt{S_m} \quad (2.26)$$

Stap 8

Het geluidvermogen L_{WR} wordt per octaafband bepaald volgens de formule:

$$L_{WR} = \langle L_p \rangle + \Delta L_s + \Delta L_F + \Delta L_M + \Delta L_\alpha \quad L_{WR} = \langle L_p \rangle + \Delta L_s + \Delta L_F + \Delta L_M + \Delta L_\alpha \quad (2.27)$$

Stap 9

Zonodig kan het A-gewogen geluidniveau berekend worden uit de energetische som van de A-gewogen octaafbandresultaten.

2.3.3.4 Intensiteitsmetingen (methode II.5)

Algemeen

Het totale akoestische geluidvermogen L_W wordt bepaald uit de geluidintensiteit die uit een gesloten oppervlak rond een geluidbron stroomt. Wiskundig is dit het product van de intensiteitsvector I_s en de normaalvector I_s op het oppervlak dS berekend volgens de formule:

$$L_W = 10 \log \left[\frac{|W|}{W_0} \right] \quad (2.28)$$

waarbij wordt verstaan onder: W_0 = referentie geluidvermogen ($= 10^{-12}$ W)

$$|W| = \left| \oint_S I_s \cdot n \, dS \right| \quad (2.29)$$

Bij metingen op punten wordt deze integraal door de discrete som benaderd volgens de formule:

$$|W| = \left| \sum_{i=1}^N \langle I_s \rangle_i n S_i \right| \quad (2.30)$$

Toepassingsgebied

De intensiteitsmethode stelt in principe geen beperking aan de geluidbronnen, hoewel de toepassing bij zeer grote apparaten of industriecomplexen (te) ingewikkeld wordt.

Ervaring met het toepassen van twee van toepassing zijnde ISO-voorschriften bij middelgrote apparaten (bronaftmetingen tot circa 4 m) leert dat in situaties, waarin het verschil tussen het oppervlaktgemiddelde intensiteitsniveau meer dan 5 dB onder het meetvlakgemiddelde geluidniveau ligt, de toepassing van de zogenoemde F_4 -indicator (zie ISO 9614-1) tot een onpraktisch hoog aantal meetpunten leidt. Omdat de intensiteitsmethode juist grote voordelen biedt als dit verschil groot is, zal de situatie met zeer veel meetpunten in veel gevallen optreden. Het gebruik van de scanningsmethode wordt daarom sterk aanbevolen.

Meetapparatuur

Een speciale intensiteitsprobe en meetapparatuur is vereist (zie ISO 9614). Voor de verwerking van meetgegevens is een computer zeer gewenst.

Bij metingen van de intensiteit bij lage frequenties (< 100 Hz) is een grotere spacer noodzakelijk. Ook moet de registratieapparatuur gecorrigeerd worden voor de instrument-fasefout.

Uitvoering van intensiteitsmetingen

De bepaling van het geluidvermogen met behulp van intensiteitsmetingen is beschreven in:

- ISO 9614-1:1993 Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity - Part 1: Measurements at discrete points
- ISO 9614-2:1996 Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity - Part 2: Measurements by scanning

Het grote voordeel van de intensiteitsmeetmethoden is dat in situaties met veel stoorgeluid het geluidvermogen van een geluidbron nog nauwkeurig is vast te stellen. Als vuistregel geldt dat als stoorgeluid 10 dB meer bijdraagt op een meetvlak dan de te meten bron, met enige inspanning nog betrouwbaar kan worden gemeten. Bij hogere stoorgeluidniveaus verliezen de engineering methoden sterk aan nauwkeurigheid.

In elk van de in de standaarden genoemde methoden is een procedure opgenomen om een schatting te maken van de nauwkeurigheid van de methoden. Hiertoe worden naast de intensiteit ook de geluiddrukkniveaus gemeten.

2.3.3.5 Snelheidsmetingen (trillingsmetingen, methode II.6)

Algemeen

De methode is gebaseerd op het gegeven dat er een relatie is tussen het snelheidsniveau L_v van het oppervlak en het afgestraalde geluid. Deze relatie wordt gegeven door de afstralgraad σ of door de stralingsindex $10 \log \sigma$.

Per deelopervlak S_k (waarvoor σ constant wordt verondersteld) geldt voor het afgestraalde geluidvermogen L_{wk} volgens de formule:

$$\cancel{L_{wk} = L_v + 10 \log S_k + 10 \log \sigma - 34} L_{wk} = L_v + 10 \log S_k + 10 \log \sigma - 34 \quad (2.31)$$

Hier is:

$$L_v = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{v(t)}{v_o} \right)^2 dt \right] \quad (2.32)$$

waarbij wordt verstaan onder:

$v(t)$ = snelheid van het oppervlak in m/s

v_o = referentiesnelheid (=10⁻⁹ m/s)

Toepassingsgebied

De methode kan worden toegepast als er door stoorgeluid geen mogelijkheden zijn het afgestraalde geluid direct te meten.

De methode is vanwege de onzekerheid in de afstraalfactor niet erg nauwkeurig. Combinatie met of aanvulling van andere methoden wordt daarom aanbevolen.

In literatuur [L.4], [L.5] en [L.6] wordt ingegaan op specifieke aspecten bij het verrichten en analyseren van snelheidsmetingen.

Meetapparatuur

Bij snelheidsmetingen wordt gebruik gemaakt van versnellingsopnemers. De mechanische bevestiging van deze versnellingsopnemers is aangegeven in ISO 5348.

Er moet in ieder geval aandacht worden besteed aan de door de fabrikant gegeven specificaties en eigenschappen (stijfheid van de bevestiging, eigenfrequentie opnemer, invloed eigen massa op trillingsgedrag object). Het gebruik van zogenoemde tasters wordt voor deze toepassingen niet toegelaten.

Uitvoering van de snelheidsmetingen

Bij de uitvoering van de metingen moet gelet worden op het meten van een voldoende aantal meetpunten. Bij kleine deelopervlakken kan het snelheidsniveau op één meetpunt worden gebaseerd. In de praktijk zullen in het algemeen meer punten vereist zijn. Het snelheidsniveau wordt dan over de meetpunten energetisch gemiddeld (indicatie: 3 per oppervlakelement).

Afhankelijk van de bevestigingsmethode wordt een eigenfrequentie bij de metingen geïntroduceerd. In het verkregen spectrum wordt dit opgemerkt als een piek. Bij de geluidvermogenbepaling moeten deze pieken niet worden meegenomen. Hierdoor zou een te hoge geluidvermogen bepaald worden. Bij het in de hand vasthouden van trillingafnemers bedraagt de eigenfrequentie 1.000-2.000 Hz. Bij het vastschroeven van de opnemer bedraagt de eigenfrequentie circa 3.000 Hz.

Aanbevolen wordt de trillingsopnemers op voetjes te schroeven die vooraf op het oppervlak worden gelijmd.

Berekening van het geluidvermogen L_w

Het totale geluidvermogen van alle deelopervlakken wordt vervolgens bepaald volgens de formule:

$$L_w = 10 \log \sum_i^n 10^{\frac{L_{wi}}{10}} \quad (2.33)$$

De daadwerkelijke geluidemissie ten gevolge van de trillingen is sterk afhankelijk van de afstralgraad σ . Doorgaans wordt uitgegaan van $10 \log \sigma = 0$. Met deze waarde zal het werkelijk afgestraalde vermogen veelal redelijk met het berekende geluidvermogen overeenkomen. Het werkelijk afgestraalde vermogen kan duidelijk kleiner zijn dan het berekende geluidvermogen als:

- de kleinste afmeting van het oppervlak kleiner is dan een halve golflengte; of
- het uitstralend vlak over afstanden groter dan een halve golflengte homogeen is en de frequentie beneden de grens frequentie ligt.

Gebruikers worden aangemoedigd voor het bepalen van de afstralgraad theoretische of empirische modellen te gebruiken. Een samenvatting van bevindingen is onder andere vermeld in ICG -rapport IL-HR-13-04 [L.7].

2.3.3.6 Uitstraling gebouwen (methode II.7)

Algemeen

Ten behoeve van prognoses en als aanvulling op emissiemetingen in bestaande situaties, kan de transmissie door wanden en daken van gebouwen berekend worden.

Er wordt uitgegaan van een bekend geluidrukniveau L_p aan de binnenzijde van de wand (of dak). Het geluidvermogen wordt vervolgens bepaald volgens de formule:

$$L_{wt} = L_{pi} + 10 \log S_i - r_i - C_d \quad L_{wi} = L_{pi} + 10 \log S_i - r_i - C_d \quad (2.34)$$

waarbij wordt verstaan onder:

- L_{wi} = geluidvermogen van wanddeel i .
 - L_{pi} = het geluidrukniveau op 1 à 2 m aan de binnenzijde voor het wanddeel i .
 - S_i = het oppervlak van wanddeel i in m^2 .
 - R_i = luchtgeluidisolatie van wanddeel i .
 - C_d = correctieterm voor de diffusiteit van het veld in de ruimte.
- N.B. Wanddelen worden afzonderlijk doorgerekend.

De correctieterm C_d kan in theorie waarden aannemen tussen 0 dB, in het directe veld met een volledig absorberende achterliggende wand, tot 6 dB, in ideaal diffuse ruimten. Binnen industriële gebouwen zal in veel situaties het geluid in belangrijke mate bepaald worden door het directe veld en alleen gedeeltelijk door het galmveld. De correctieterm C_d varieert in de praktijk daarom meestal tussen:

- $C_d = 5$ dB: galmende ruimten, sterk diffuse geluidvelden en
- $C_d = 3$ dB: sterk gedempte ruimten, weinig diffuse geluidvelden.

Een voorbeeld van een situatie met een sterk diffuus geluidveld is een grote hal met weinig opslag, enkele verspreide machines, geen extra absorptie en weinig openingen ($C_d = 5$ dB).

Voorbeelden van een situatie met een weinig diffuus geluidveld zijn:

- een hal met veel dicht op elkaar staande machines en/of veel opslag;
- een hal waarin een goed absorberend plafond is aangebracht;
- een hal waarbij de belangrijkste bron nabij de wand is opgesteld ($C_d = 3$ dB).

Voor het bepalen van de geluidisolatiewaarde R_i van wand-, gevel- en dakconstructies zijn er diverse tabellen in omloop.

Belangrijk daarbij is:

- door openingen en geluidtechnisch zwakke aansluitdetaileringen zijn de optredende isolatiewaarden in veel praktijksituaties veel lager dan de aangegeven waarden;
- bij lichte wandconstructies is de isolatie in de praktijk aanzienlijk lager dan op basis van laboratoriummetingen verwacht mag worden. Deze afwijking wordt alleen niet veroorzaakt door constructiefouten, maar ook door het feit dat in het laboratorium de randeffecten een veel grotere rol spelen dan bij industriehallen en dergelijke waar veel grotere oppervlakken worden toegepast;
- ten gevolge van de variaties in het wandmateriaal, de wijze van bevestiging en meettechnische verschillen, zal de werkelijke isolatie kunnen afwijken van die in de tabel.

In de toelichting (hoofdstuk 6) is een tabel gegeven met enkele isolatiewaarden.

Aanvullende metingen

In bestaande situaties is het zinvol om de berekeningen van de geluidisolatie van wand delen te combineren met aanvullende metingen.

Een luchtgeluidisolatiemeting met een kunstbron

Hierbij moet op het volgende worden gelet:

- de bron moet een groot oppervlak aanstralen onder een representatieve invalshoek of moet een diffuus geluidveld in de hal veroorzaken;
- het geluidniveau moet aan beide zijden van de wand op ten minste 1 m, en bij voorkeur op wat grotere afstand van de wand worden gemeten. In het algemene geval waarbij de wand als akoestisch hard mag worden beschouwd geldt:

$$R_i = \Delta L - 3R_i = \Delta L - 3 \quad (2.35)$$

waarbij ΔL het verschil in gemeten geluidniveau aan beide zijden van de wand is. Als wanddeel i volledig absorberend is, geldt:

$$R_i = \Delta L R_i = \Delta L \quad (2.36)$$

Een contactgeluidisolatiemeting

Een snelheidsmeting op de hoofdondersteuningsconstructie (de vloer en de wand zelf) kan worden verricht om na te gaan of door contactgeluid een bijdrage aan de afstraling van het gebouw wordt geleverd. Deze meting wordt meer van belang als de luchtgeluidisolatie van de wand hoog is (boven 25 dB bij 500 Hz). Men moet onder meer met het volgende rekening houden:

- het luchtgeluid veroorzaakt ook trillingen in de bouwkundige constructie. De mate waarin, kan door combinatie met een luchtgeluidisolatiemeting worden bepaald;
- relatief lichte wandbeplating kan enkele dB's sterker trillen dan de zwaardere vloer- en constructiedelen die deze wandbeplating aanstoten.

Als in een prognosestadium voor wanden hoge luchtgeluidisolatiewaarden worden voorspeld en zware machines worden opgesteld in de bedrijfsruimte, is het van belang de contactgeluidisolatie te berekenen. Deze berekeningswijze valt buiten het kader van methode II.

Berekening van het geluidvermogen L_{WR}

De geluiduitstraling van verticale vlakke gebouwdelen wordt gemodelleerd door puntbronnen die zijn gesitueerd direct voor een afschermd (zie paragraaf 3.2.3.4) object dat de hele betreffende wand van het gebouw representeert.

In het algemeen geldt voor de wanddelen van een gebouw de formule:

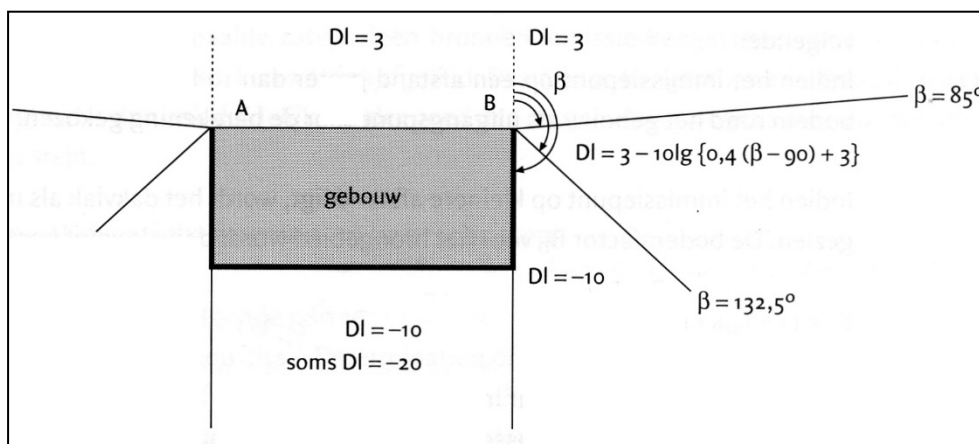
$$L_{WR} = L_W + DI \quad L_{WR} \equiv L_W + DI \quad (2.37)$$

Hierbij zijn L_{WR} respectievelijk L_W de immissierelevante geluidvermogen en het geluidvermogen van het wanddeel, en is DI de richtingsindex gezien vanuit het broncentrum van het betreffende wanddeel. Voor wanddelen van een gebouw geldt een richtingsindex volgens tabel 2.18.

Tabel 2.18 Richtingsindex bij wanden voor een hoek β

β [°]	DI [dB]
0-85	3
85 - 132,5	$3 - 10 \log(0,4(\beta - 90) + 3)$
$\geq 132,5$	-10

Hierin is β de hoek tussen de normaal en de immissierichting in graden (zie figuur 2.14). Naar de achterzijde van het gebouw kan de afscherming veel groter zijn, als er geen (zwakke) storende reflecties optreden. In die situatie mag als maximale afscherming $DI = -20$ dB worden aangehouden, waarbij deze keuze in de rapportage gemotiveerd moet worden.

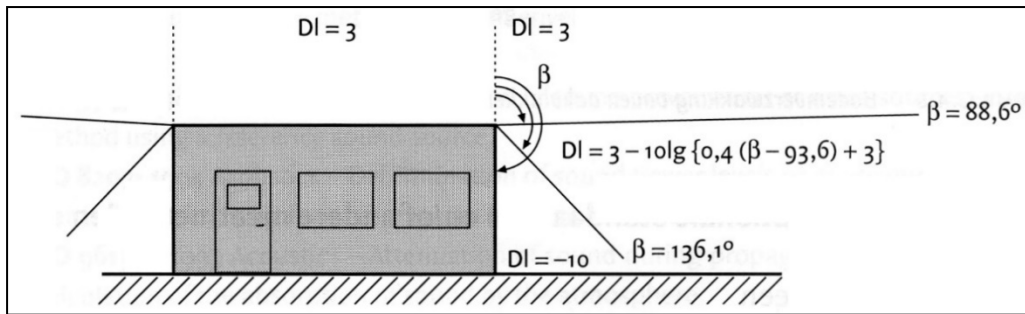


Figuur 2.14 De richtingsindex bij uitstraling van gevel (bovenaanzicht)

Voor de afstraling van daken moet rekening gehouden worden met de kromming van de geluidpaden ten gevolge van meteorologische invloeden. Hierbij wordt een kromtestraal van $8r$ aangenomen (zie paragraaf 3.2.3.4). Voor horizontale vlakke daken geldt dan een richtingsindex volgens tabel 2.19.

Tabel 2.19 Richtingsindex bij daken voor een hoek β

β [°]	DI [dB]
0 - 88,6	3
88,6 - 136,1	$3 - 10 \log(0,4(\beta - 93,6) + 3)$
$\geq 136,1$	-10



Figuur 2.15 De richtingsindex bij afstraling van horizontale vlakke daken (zij-aanzicht)

Voor schuine gebouwdelen, zoals schuine dakvlakken en schuine gevelvlakken, kan een schuine normaal worden gedefinieerd. Voor kleine dakhellingshoeken, waarbij de hoek tussen de normaal van het schuine dakdeel en de verticaal minder dan 10° bedraagt, wordt de richtingsindex van horizontale daken gebruikt, in alle andere gevallen de richtingsindex van wanddelen.

3 Bepaling overdracht

3.1 Methode I

3.1.1 Basisformule

Het doel van de overdrachtsberekening is de bepaling van het gestandaardiseerd immissieniveau uit de (gemeten) geluidvermogen. Het gestandaardiseerd immissieniveau L_i per bron wordt berekend volgens de formule:

$$L_i = L_{WR} - D_o - D_s \quad L_i = L_{WR} - D_o - D_s \quad (3.1)$$

waarbij wordt verstaan onder:

D_o = geluidverzwakking bij vrije uitbreiding

D_s = geluidverzwakking door afscherming

D_o

De geluidverzwakking bij vrije uitbreiding wordt bepaald door de geometrische uitbreiding, luchtdemping en bodemverzwakking. Rekening houdend met deze factoren kan de overdrachtdemping voor een beoordelingspunt boven een harde bodem of $h_o \geq 2,5$ m boven een absorberende bodem worden berekend volgens de formule:

$$D_o = 20 \log(r_i) + 0,005 r_i + 9,1 \quad D_o = 20 \log(r_i) + 0,005 r_i + 9,1 \quad (3.2)$$

óf voor een beoordelingspunt op $h_o < 2,5$ m boven een absorberende bodem volgens de formule:

$$D_o = 20 \log(r_i) + 0,01 r_i + 10,1 \quad D_o = 20 \log(r_i) + 0,01 r_i + 10,1 \quad (3.3)$$

De maximale afstand van broncentrum tot beoordelingspunt tot waar de overdracht binnen de vereiste nauwkeurigheid kan worden bepaald, is $r_i = 150$ m (zie ook paragraaf 1.2.1). Voor grotere afstanden kan de nauwkeurigheid van de methode sterk verslechteren. Wanneer deze afname in nauwkeurigheid acceptabel wordt geacht, bijvoorbeeld voor een indicatieve bepaling van de geluidssituatie, kan de methode ook voor afstanden tot 500 m worden toegepast, mits de beoordelingshoogte $h_o \geq 5$ m bedraagt.

D_s

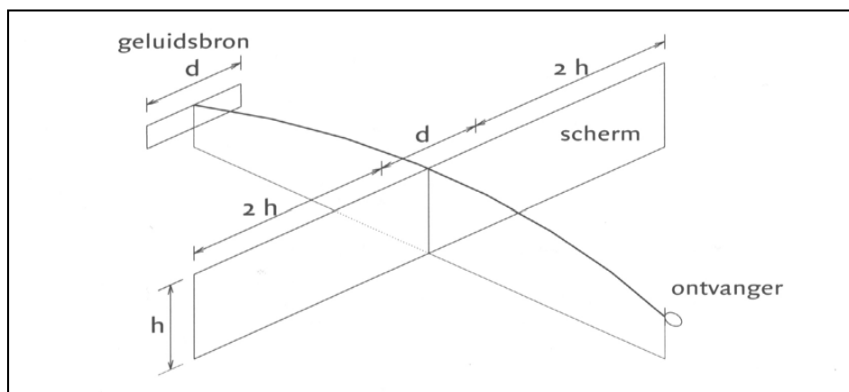
Met methode I kan geen exacte invloed van afschermingen worden berekend. Alleen ter indicatie kan voor een eenvoudige bron-schermgeometrie met een plaatsvaste bron een te verwachten minimale afschermende werking worden bepaald (conservatieve schatting) en wel onder de volgende voorwaarden.

Verticale afschermingen

- de afscherming bestaat uit een geheel gesloten structuur (geen struiken, bomen, enzovoort);
- de massa van het scherm bedraagt tenminste 10 kg/m^2 ;
- er bevinden zich geen reflecterende vlakken op afstanden kleiner dan 10 m in de nabijheid van de bron;
- van uit het beoordelingspunt gezien is er geen reflecterend vlak achter de bron gelegen (gevels);
- er is sprake van een scherm en niet van een geluidswal. Een wal heeft namelijk een andere geluidafschermende werking dan een scherm.

Ook voldoet het scherm aan de volgende ruimtelijke specificaties:

- in het horizontale vlak loopt het scherm aan beide zijden voorbij de uiterste bronbegrenzing door tot een lengte die gelijk is aan tenminste tweemaal de hoogte van het scherm (zie figuur 3.1);
- het scherm heeft een hoogte die tenminste 1 m boven de directe zichtlijn van het hoogste punt van de bron naar het beoordelingspunt uitsteekt;
- het scherm is op een afstand van de bron van ten hoogste 25 m geplaatst.



Figuur 3.1 Toelichting ruimtelijke specificatie verticale afschermingen

Afschermingen (dakranden)

- er bevinden zich geen reflecterende vlakken op afstanden kleiner dan 10 m in de nabijheid van de bron;
- in het horizontale vlak loopt de dakrand aan beide zijden voorbij de uiterste bronbegrenzing door tot een lengte die gelijk is aan tenminste tweemaal de hoogte Δx . Deze hoogte komt overeen met de lengte van de verbindingslijn tussen de directe lijn en de omweg. De verbindingslijn staat hierbij loodrecht op de directe lijn (zie figuur 3.1);
- de dakrand heeft een hoogte Δx die tenminste 1 m boven de directe zichtlijn van het hoogste punt van de bron naar het beoordelingspunt uitsteekt;
- de afstand van het 'scherm' tot de bron bedraagt ten hoogste 25 m.

Als voldaan wordt aan deze condities is de term D_s gelijk aan 5 dB. Bij het niet voldoen aan deze condities is de term D_s gelijk aan 0 dB. Voor een meer kwantitatieve benadering wordt verwezen naar methode II.

3.1.2 Versterking door reflectie(s)

Algemeen

Randvoorwaarde voor de toepassing van resultaten van brongerichte geluidmetingen is dat er geen reflecties nabij de bron aanwezig zijn die het geluidvermogen zullen beïnvloeden. Bij een opgegeven geluidvermogen (vastgesteld uit metingen elders waarbij reflecties zijn geëlimineerd) kunnen overdrachtsberekeningen worden uitgevoerd voor situaties met een reflecterend vlak achter het beoordelingspunt (gezien vanaf de bron) of met een reflecterend vlak achter de bron (gezien vanuit het beoordelingspunt). Voor andere situaties wordt verwezen naar methode II.

Reflectievlak achter het beoordelingspunt

Onder een reflecterend vlak achter het beoordelingspunt wordt verstaan een verticaal gevelvlak met afmetingen gelijk aan tenminste 2 x de afstand van het beoordelingspunt tot het gevelvlak. Als hieraan niet voldaan wordt, wordt een andere meetlocatie gekozen, zodanig dat eenduidig is vast te stellen of er sprake is van een situatie met of zonder reflectievlak.

De reflectie in het gevelvlak dat als reflectievlak te kenmerken is, wordt niet in de beoordeling meegenomen ($C_g = 0$ dB), tenzij dit uitdrukkelijk bij de grenswaarden of anderszins is geregeld. Wanneer de 'eigen gevelreflectie' moet worden verdisconteerd, kan dit op gelijke wijze geschieden als in paragraaf 4.4.1 is aangegeven.

Reflectievlak achter de bron

Wanneer een reflecterend vlak achter een bron (gezien vanuit een beoordelingspunt) een afmeting heeft gelijk aan tenminste 2 x de projectie van die bron op dit vlak én de afstand van de bron tot dit vlak kleiner dan 10 m is, wordt het gestandaardiseerd immissieniveau ten gevolge van de betreffende bron met 2 dB verhoogd.

3.2 Methode II: overdrachtsmodel (II.8)

3.2.1 Algemeen

Het overdrachtsmodel voor methode II is ontwikkeld voor een zo nauwkeurig mogelijke berekening van de geluidoverdracht. Het model is vooral gemaakt voor het prognosticeren van immissieniveaus uit geluidvermogenmetingen en overdrachtsberekeningen in complexere situaties. Het model is getoetst op afstanden van enige tientallen meters tot één à anderhalve kilometer van de bron. Voor metingen en berekeningen over grotere afstanden wordt het overdrachtsmodel echter ook gebruikt.

De nauwkeurigheid van de berekening wordt in belangrijke mate door drie factoren bepaald:

- De nauwkeurigheid van de invoergegevens (schattingen van de bedrijfsduurcorrectie, de nauwkeurigheid van de metingen die ten grondslag liggen aan een geluidvermogenbepaling e.d.);
- Het ontwerp van het model (simplificaties die aangebracht zijn om de werkelijkheid te kunnen modelleren, keuze van bodemhardheden, schematisering van afschermende objecten e.d.).

De fouten nemen toe naarmate de situatie complexer is. Bij de overdrachtsberekening worden de werkelijke geluidbronnen gerepresenteerd door puntbronnen of vlakke bronnen. Het geluidvermogen van deze bronnen is bepaald volgens de procedure zoals omschreven in hoofdstuk 2. Dit geluidvermogen kan per bedrijfstoestand en/of richting verschillen (immissierelevante geluidvermogen).

3.2.2 Bronbeschrijving

3.2.2.1 Samenvoegen van bronnen

Als voor een groep soortgelijke bronnen, die ongeveer gelijke hoogten hebben, ongeveer gelijke omstandigheden voor de overdracht naar het immissiepunt gelden, mag deze groep door één puntbron worden vervangen, als de afstand van het midden van de geluidbronnen tot het

immissiepunt gelijk is aan of groter is dan anderhalf maal de grootste diameter van het betreffende brongebied, ofwel $R \geq 1,5 d$.

3.2.2.2 Splitsen van bronnen

Als op relatief korte afstand van geluidbronnen ($R < 1,5 d$) het geluidimmissieniveau berekend moet worden of als bij een uitgestrekte bron voor verschillende onderdelen andere overdrachtsomstandigheden gelden (met name voor afscherming), moet de bron worden opgedeeld in een aantal puntbronnen. Zeer sterke of uitzonderlijk hoog geplaatste bronnen worden steeds apart in de berekening betrokken.

Bij het opdelen van bronnen is het noodzakelijk om te weten of de deelbronnen incoherent of coherent zijn.

Incoherent

De verschillende geluidimmissieniveaus op het beoordelingspunt ten gevolge van de deelbronnen kunnen eenvoudig energetisch gesommeerd worden. Als er geen onderlinge afscherming van de deelbronnen optreedt, kan het geluiddrukkniveau hoog oplopen (voor monopolen in theorie tot oneindig) als de afstand tot het vlak van de deelbronnen veel kleiner wordt dan de dimensies van het vlak.

Coherent

Op korte afstand $R < 1,5 d$ mag, als er sprake is van coherente bronnen, geen opdeling in deelbronnen worden uitgevoerd zonder dat de coherentie van de bronnen mede wordt beschouwd. Op korte afstand van wanden, openingen en machinedelen moet hiermee rekening worden gehouden. De eenvoudigste vorm is isotrope afstraling. (Dit is de grondslag voor de benadering, die voor het geometrisch nabijheidsveld in paragraaf 2.3.3.2 is gegeven.)

3.2.3 Basisformule

Voor het berekenen van de geluidimmissie wordt de immissierelevante geluidvermogen van de verschillende bronnen verminderd met de geluidoverdracht naar het immissiepunt, veelal het beoordelingspunt. Berekend wordt het invallend geluid.

De berekening van de geluidoverdracht wordt uitgevoerd per bron, per immissiepunt en per octaafband volgens de formule:

$$L_i = L_{WR} - \sum D \quad (3.4)$$

waarbij wordt verstaan onder:

L_{WR} = de immissierelevante geluidvermogen

L_i = het gestandaardiseerde immissieniveau bij het immissiepunt (veelal het beoordelingspunt)

$\sum D$ = verzamelterm van alle verzwakkingen. Deze term bestaat uit:

$$\sum D = D_{geo} + D_{lucht} + D_{refl} + D_{scherm} + D_{verg} + D_{terrein} + D_{bodem} + D_{huis} \quad (3.5)$$

waarbij wordt verstaan onder:

D_{geo} = afname van het geluidniveau door geometrische uitbreiding;

D_{lucht} = afname van het geluidniveau door absorptie in lucht;

D_{refl} = afname door reflectie tegen obstakels (deze term is negatief);

D_{scherm} = afname ten gevolge van afscherming door akoestisch goed isolerende obstakels (dijken, wallen, gebouwen);

D_{verg} = afname vanwege geluidverstrooiing aan en absorptie door vegetatie;

$D_{terrein}$ = afname door verstrooiing en absorptie door installaties op het industrieterrein voor zover deze niet in de overige termen is begrepen;

D_{bodem} = afname ten gevolge van reflectie tegen, verstrooiing aan en absorptie door bodem (deze term kan ook negatief zijn);

D_{huis} = afname door reflecties tegen bebouwing in de buurt van het immissiepunt. Ook de invloed van geluidvoortplanting door de bebouwing (reflectie, buiging, verstrooiing) wordt in deze term betrokken.

In de navolgende paragrafen wordt op verschillende dempingstermen nader ingegaan.

3.2.3.1 D_{geo}

In de overdrachtsberekening wordt uitgegaan van uitbreiding over een hele bol volgens de formule:

$$D_{geo} = 10\log(4\pi r^2) = 20\log(r) + 11 \quad (3.6)$$

Met:

r_i = afstand tussen het broncentrum en het immissiepunt. Deze afstand is de lengte van de rechte verbindingslijn tussen broncentrum en immissiepunt, en dus niet een projectie van die lijn op het horizontale vlak.

3.2.3.2 D_{lucht}

De luchtabsorptie wordt bepaald volgens de formule:

$$D_{lucht} = -a_{lu}(f)r_i \quad (3.7)$$

De waarden voor de luchtabsorptiecoëfficiënt a_{lu} zijn vermeld in tabel 3.1.

Tabel 3.1 De luchtabsorptiecoëfficiënt in dB/m in octaafbandwaarden en tertsbanden met aangegeven middenfrequenties in Hz (ISO 9613-1: 1993, bij een temperatuur van 10 °C en een relatieve vochtigheid van 80%)

Middenfrequentie octaafbanden [Hz]	31,5	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
a_{lu} [dB/m] octaafbanden	$2 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$6,7 \cdot 10^{-2}$
a_{lu} [dB/m] tertsband fonder	$2 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$6,7 \cdot 10^{-2}$
a_{lu} [dB/m] tertsband fmidden	$3 \cdot 10^{-5}$	$1,08 \cdot 10^{-4}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$1,02 \cdot 10^{-3}$	$1,97 \cdot 10^{-3}$	$3,57 \cdot 10^{-3}$	$8,76 \cdot 10^{-3}$	$2,87 \cdot 10^{-2}$	$1,03 \cdot 10^{-1}$
a_{lu} [dB/m] tertsband fboven	$4 \cdot 10^{-5}$	$1,67 \cdot 10^{-4}$	$5,5 \cdot 10^{-4}$	$1,31 \cdot 10^{-3}$	$2,36 \cdot 10^{-3}$	$4,62 \cdot 10^{-3}$	$1,27 \cdot 10^{-2}$	$4,39 \cdot 10^{-2}$	$1,57 \cdot 10^{-1}$

In specifieke situaties kan beargumenteerd van de in tabel 3.1 gegeven waarden worden afgeweken.

3.2.3.3 D_{refl}

Als er geen reflecterende objecten zijn geldt: $D_{refl} = 0$ dB

Als er wel reflecterende objecten zijn, worden hieraan de volgende eisen gesteld om in de berekening als reflecterend object te worden aangemerkt:

- het reflecterend object heeft dwars op het geluidpad afmetingen die groter zijn dan de betreffende golflengte van het geluid;

- het object wordt vanuit de bron en/of vanuit het immissiepunt gezien onder een hoek van tenminste 5° in het horizontale vlak;
- de hoogte van het object moet groter zijn dan:

$$h_{br} + r_{br}/16 \text{ of } h_o + r_{or}/16 \quad (3.8)$$

waarbij wordt verstaan onder:

r_{br} = afstand van de bron tot het reflecterend object

r_{or} = afstand van het immissiepunt tot het reflecterend object

- het object heeft een min of meer vlakke en geluidreflecterende wand. Bomenrijen en open procesinstallaties worden zo buitengesloten;
- het geluid kan via een reflectie (zoals bij een optische spiegeling) het immissiepunt bereiken (zie figuur 3.2).

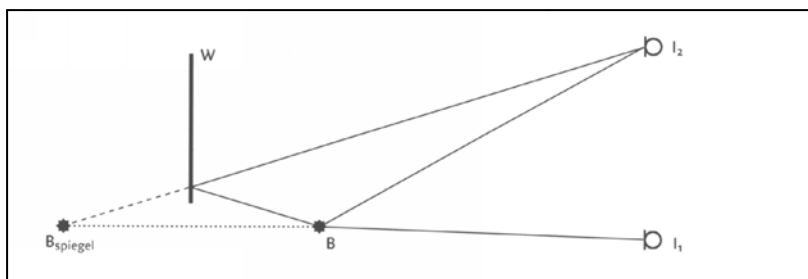
Geluidvermogen van de spiegelbron

De reflectie wordt in rekening gebracht door een spiegelbron te veronderstellen. De geluidbijdrage via de reflectie kan sterk verschillen van de bijdrage via de directe weg, bijvoorbeeld door aanwezigheid van een afscherming. De spiegelbron wordt als een aparte bron berekend en in formule 3.5 is $D_{refl} = 0$ dB. Voor het geluidvermogen van de spiegelbron geldt:

$$(LWR)_{spiegel} = LWR + 10 \log \rho \quad (3.9)$$

Opmerkingen

- rekening moet worden gehouden met het feit dat het geluidvermogen in de richting van het immissiepunt kan verschillen van het geluidvermogen in de richting van het reflecterende object;
- reflecties tegen de bodem worden door toepassing van D_{bodem} in rekening gebracht;
- spiegelbronnen kunnen worden verwaarloosd als hun gezamenlijke bijdrage meer dan 7 dB onder het geluidimmissieniveau van de bron ligt;
- enkele waarden voor ρ , de reflectiecoëfficiënt voor de geluidenergie, worden gegeven in tabel 3.2;
- in bovenstaande rekenwijze is berekening van D_{refl} ter bepaling van de verzamelterm van alle verzwakkingen volgens formule 3.5 niet nodig om het immissieniveau L_i te kunnen berekenen. Is berekening van D_{refl} dat toch gewenst, bijvoorbeeld om het effect van reflecties inzichtelijk te maken, dan kan D_{refl} worden bepaald door in het immissiepunt de immissiegeluidniveaus vanwege alle spiegelbronnen energetisch op te tellen bij het immissiegeluidniveau via het directe geluidpad, en vervolgens het berekende totale immissiegeluidniveau rekenkundig af te trekken van het berekende immissiegeluidniveau via alleen het directe geluidpad. De resulterende waarde voor D_{refl} is dus negatief, of afgerond nul als reflecties geen bijdrage blijken te leveren.

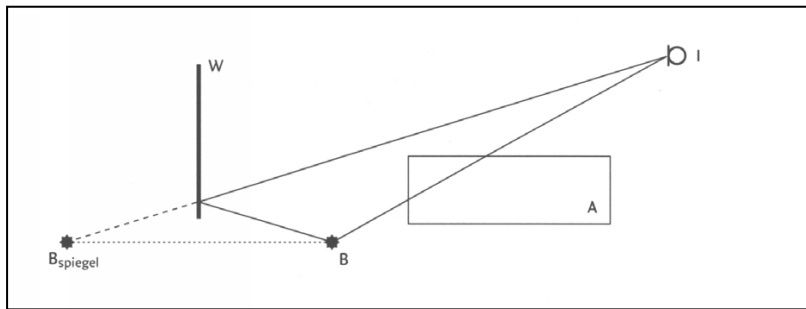


Figuur 3.2 Toelichting op optische spiegeling

Het pad van het gereflecteerde geluid (zie figuur 3.3) wordt gelijk aan dat van een gereflecteerde lichtstraal gedacht. De bron B wordt gespiegeld in het vlak van de reflecterende wand W:

- Naar I_1 zijn geen reflecties mogelijk: $D_{refl} = 0$ dB

- Naar I_2 zijn wel reflecties mogelijk: D_{refl} is vooral afhankelijk van de reflectiecoëfficiënt van wand W en de afstand $B_{spiegel} - I_2$ ten opzichte van de afstand $B - I_2$.



Figuur 3.3 Situatie met verschillende overdrachten

In figuur 3.3 wordt de directe straal afgeschermd door gebouw A en de gereflecteerde straal gaat langs het gebouw. De overdrachtseffecten langs de directe weg en langs de gereflecteerde weg verschillen sterk.

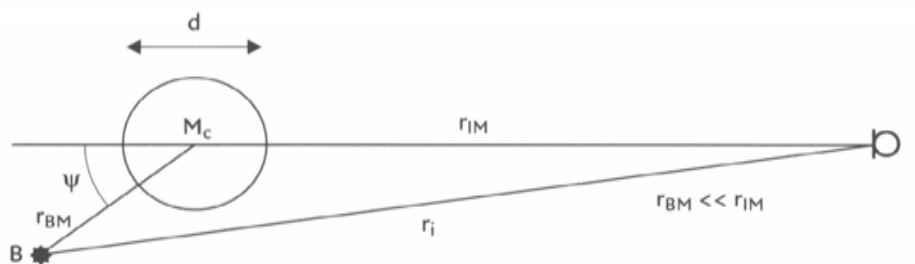
Tabel 3.2 Waarden voor de reflectiecoëfficiënt p

Aard van het object	Reflectiecoëfficiënt p
vlakke harde wanden	1
wanden van gebouwen met ramen en kleine uitbouwen	0,8
fabriekswanden voor 50% bedekt met openingen, installaties en pijpen	0,4
cilinders met harde wanden (tanks, silo's)	$\frac{d \sin(\frac{\psi}{2})}{2r_{bm}}$
open installaties	0

d = diameter cilinder

r_{BM} = afstand bron tot het midden van de cilinder M

Ψ = supplement van de hoek tussen de lijnen $B-M$ en $I-M$



Meervoudige reflecties

Gereflecteerd geluid kan opnieuw gereflecteerd worden. Daarvoor kan opnieuw de hierboven beschreven rekenwijze worden gehanteerd, waarbij de spiegelbron B_{spiegel} als bron B wordt gehanteerd. Op deze wijze kunnen niet alleen primaire reflecties worden berekend, maar ook secundaire en volgende.

In veel situaties volstaat het rekenen met enkelvoudige reflecties.

Als voor de modellering van de richtingsindex DI van de geluiduitstraling van gebouwdelen of vlakke bronnen gebruik wordt gemaakt van reflecties in een reflecterend scherm, dan worden van de primaire reflectie tegen dat 'bron-gekoppelde' scherm nabij de bron ook de reflecties tegen andere objecten meegerekend.

Ook in andere specifieke situaties kunnen meervoudige reflecties een niet verwaarloosbare bijdrage leveren aan het totale geluidniveau in een beoordelingspunt.

Bij meervoudige reflecties is de kans groter dat zich meer afschermende objecten op het geluidpad bevinden dan bij enkelvoudige reflecties. De maximering van het afschermende effect op 20 dB, ingegeven door allerlei effecten waarmee in de HMRI geen rekening wordt gehouden, kan tot overschatting van de bijdrage van (meervoudige) reflecties leiden. Het rekenen met meervoudige reflecties wordt dus alleen toegepast voor specifieke situaties waarbij waarschijnlijk is dat die meervoudige reflecties een niet-verwaarloosbare bijdrage leveren op de totale geluidniveaus. Bij voorkeur wordt in een dergelijke situatie met niet meer dan tweevoudige reflectie gerekend. In ieder geval mag met niet meer dan drievoudige reflectie worden gerekend. Met andere woorden, er worden in ieder geval geen geluidpaden beschouwd waarin het geluid meer dan 3 maal tegen een object of objecten wordt gereflecteerd.

3.2.3.4 D_{scherm}

Eisen aan afschermende objecten

Een object wordt als scherm in rekening gebracht als:

- de massa per eenheid van oppervlakte tenminste 10 kg/m² bedraagt;
- het object geen grote kieren of openingen heeft; procesinstallaties, bomen e.d. worden dus niet als scherm in rekening gebracht;
- de horizontale afmeting dwars op de lijn van bron naar immissiepunt groter is dan de golflengte λ van het geluid. Ofwel (zie figuur 3.4 en figuur 3.6): $s_l + s_r > \lambda$

Bij schermen van geringe hoogten wordt een correctiefactor H_f toegepast volgens formule 3.15.

Schematiseren van objecten tot scherm

Elk object wordt geschematiseerd door een vlak dun scherm met rechte verticale randen links LL' en rechts RR'. De bovenrand LR van het scherm hoeft niet horizontaal te zijn.

Als gebouwen afschermen en de afmetingen van het gebouw in de richting van bron naar immissiepunt niet verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de afstand tussen bron en immissiepunt, kan het gebouw worden gerepresenteerd door een prisma met een viertal rechte lijnstukken die verticaal op een rechthoekig grondvlak staan. De lijnstukken kunnen ongelijk van lengte zijn. Elk zijvlak kan als scherm dienst doen.

Berekening D_{scherm}

Door de lijn bron-immissiepunt BI wordt een verticaal vlak V geplaatst. Als één of meer schermen wordt doorsneden door lijn BI, worden op elk scherm drie punten bepaald (zie figuur 3.5), te weten:

- K, het snijpunt van de lijn BI met het scherm;
- T, de top van het scherm in vlak V (snijpunt V met lijn LR);

$$\Delta h = \frac{r_1 r_2}{16(r_1 + r_2)} \quad (3.10)$$
[illegible]

Figuur 3.6 Toelichting op de berekening van D_{scherm}

Er worden drie situaties onderscheiden, die vervolgens behandeld worden:

- V snijdt geen enkel scherm;
- V snijdt één scherm;
- V snijdt meer dan een scherm.

V snijdt geen scherm

In het geval dat vlak V geen enkel afschermend object snijdt, kunnen alleen grote, hoge objecten in de omgeving van de lijn van bron naar immissiepunt het geluidveld van een puntbron beïnvloeden. Bij de berekening worden deze diffracties buiten beschouwing gelaten.

$$D_{\text{scherm}} = 0 \text{ dB} \quad (3.11)$$

Opmerking: door de splitsing van geluidbronnen in kleinere deelbronnen wordt het effect van de discontinuïteit wel/geen afscherming sterk afgezwakt.

V snijdt één scherm

Uit de plaats van de punten K, Q en T enerzijds en de punten B en I anderzijds kunnen de lengten van de rechte verbindingslijnen $k_1 = BK$, $k_2 = KI$, $q_1 = BQ$, $q_2 = QI$, $t_1 = BT$ en $t_2 = TI$ worden berekend (zie figuur 3.5).

Hieruit is de verticale omweg ε_v te bepalen volgens de formule:

$$\text{Als T boven K ligt:} \quad \varepsilon_v = t_1 + t_2 - q_1 - q_2 \quad (3.12)$$

$$\text{Als T onder K ligt:} \quad \varepsilon_v = 2(k_1 + k_2) - t_1 - t_2 - q_1 - q_2$$

De horizontale omwegen worden berekend door de situatie op het horizontale referentievlak te projecteren. De projecties van B en I zijn B' en I' en de rechten LL' en RR' snijden het referentievlak in L' en R' (zie figuur 3.6).

$$\text{De rechter omweg:} \quad \varepsilon_r = B'R'' + R''I' - r_1 - r_2 \quad (3.13)$$

$$\text{De linker omweg:} \quad \varepsilon_l = B'L'' + L''I' - r_1 - r_2$$

Van elk van de omwegen wordt een Fresnelgetal N_v bepaald volgens de formule:

$$N_v(f) = 0,0059 \varepsilon_v f \quad (3.14)$$

$$N_r(f) = 0,0059 \varepsilon_r f$$

$$N_l(f) = 0,0059 \varepsilon_l f$$

Voor de frequentie f wordt bij berekening in octaafbanden de middenfrequentie van de laagste tertsbands in de octaafband ingevuld (deze is gelijk aan $f_{\text{oct}}/2^{1/2}$) en bij berekening in tertsbands de middenfrequentie van de betreffende tertsbands. Uit het Fresnelgetal wordt de afscherming per schermrand berekend, uitgaande van de veronderstelling dat elke rand oneindig lang is. De bijdragen van de verschillende overdrachtswegen worden gesommeerd. D_{scherm} wordt gecorrigeerd als de hoogte van het scherm boven het laagste van de twee aan het scherm grenzende de maaivelden ($h_{\text{sr}} - h_{\text{ma}}$) klein is. Voor obstakels die sterk afwijken van een ideaal dun scherm wordt een term ΔD in rekening gebracht in formule 3.15.

$$\text{Als } N_v \leq -0,1 \quad (3.15)$$

$$D_{\text{scherm}} = 0 \text{ dB}$$

$$\text{Als } N_v > -0,1$$

$$D_{\text{scherm}} = 10H_f \left[\log \left(\frac{1}{20N_v+3} + \frac{1}{20N_r+3} + \frac{1}{20N_l+3} \right)^{-1} \right] - \Delta D$$

waarbij:

$$H_f = \frac{(h_{sr} - h_{ma}) f}{250} \quad \text{als } (h_{sr} - h_{ma}) f / 250 < 1$$

$$H_f = 1 \quad \text{als } (h_{sr} - h_{ma}) f / 250 \geq 1$$

ΔD : zie tabel 3.3

Tabel 3.3 De waarden voor ΔD van obstakels die van de ideale schermvorm afwijken

ΔD [dB]	Betreft
0	- alle gebouwen; - dunne wanden met een helling kleiner dan 20° met de verticaal; - grondlichamen waarbij de hellingen van de taluds aan beide zijden opgeteld niet meer dan 70° bedragen
0	grondlichamen uit de groep $\Delta D = 2$ als boven op het grondlichaam een obstakel uit bovenstaande categorie staat dat tenminste even hoog is als het grondlichaam
2	- grondlichamen waarbij de hellingen van de taluds aan beide zijden opgeteld tussen 70° en 165° liggen; - grondlichamen met daarop een obstakel uit de eerste groep $\Delta D = 0$ dat minder hoog is dan het grondlichaam
Als $D_{\text{scherm}} \leq 0$ dB van wordt $D_{\text{scherm}} = 0$ dB	
Als $D_{\text{scherm}} \geq 20$ dB van wordt $D_{\text{scherm}} = 20$ dB	

Opmerking: als het scherm veel breder is dan hoog gaat de formule 3.16 over in de formule van het oneindig lange scherm ($\Delta D = 0$ verondersteld).

$$D_{\text{scherm}} = 10H_f \log (20N_v + 3) \quad (3.16)$$

Vlak V snijdt twee of meer schermen

We onderscheiden hier twee situaties namelijk:

- c.1 de algemene situatie;
- c.2 het bijzondere geval waarbij zowel dichtbij de bron als dichtbij het immissiepunt een scherm staat en waarbij de onderlinge afstand tussen de schermen groot is.

c. 1 Algemene situatie

We onderscheiden:

- Voor geen of alleen één van de schermen geldt $h_e \geq 0$.
In deze gevallen wordt alleen het scherm met de grootste verticale omweg berekend volgens de procedure van het enkele scherm. (Dit betekent, in het geval dat h_e kleiner dan nul is, dat met het scherm dat in absolute waarde gerekend de kleinste omweg bezit verder wordt gerekend).
- Meer schermen met $h_e \geq 0$.
Voor de berekening van D_{scherm} wordt een goede benadering gevonden door de D_{scherm} van het meest afschermende object te bepalen met de procedure van het enkele scherm. Gebouwen e.d. worden in deze berekening vereenvoudigd tot een enkel scherm waarbij de zijpaden worden berekend langs de verticale hoeklijnen met de grootste horizontale omweg.

Als de onderlinge afstand r_{12} (zie figuur 3.7) tussen de schermen voldoet aan:

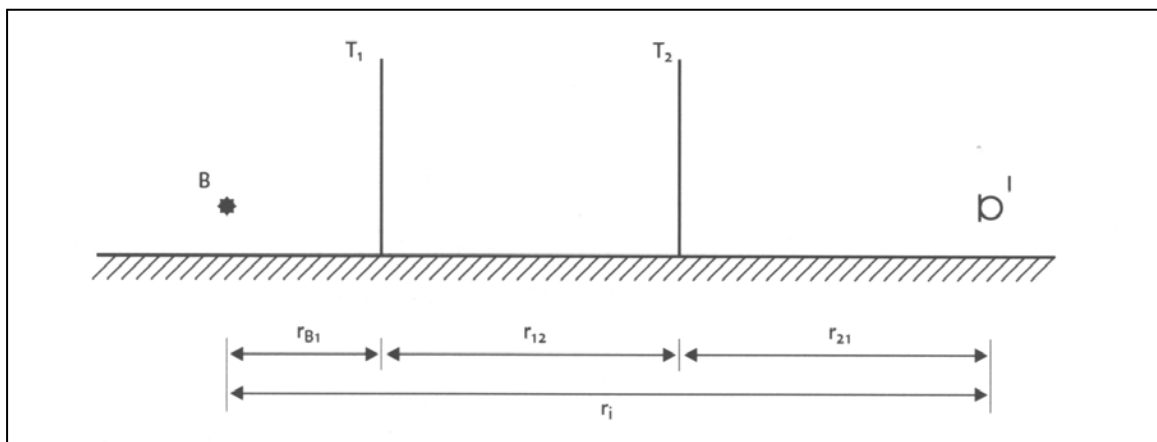
$$\frac{r_{12}}{r_i} > 0,2$$

kan de volgende rekenprocedure worden gebruikt, die in figuur 3.8 schematisch wordt aangegeven:

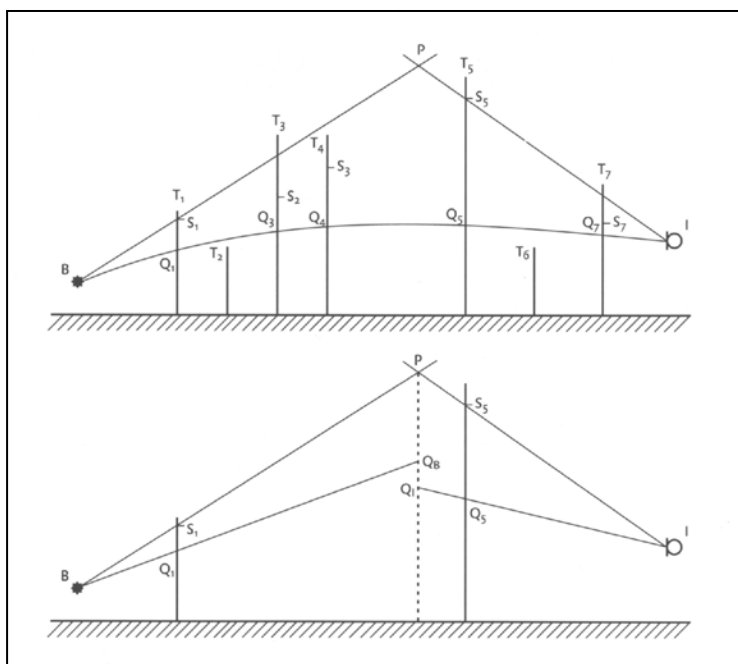
1. Alle schermen met $h_e < 0$ worden verwijderd.
2. Van de overgebleven schermen wordt het punt S_i (berekend bij scherm i) bepaald. S_i ligt op een afstand s onder de top van het scherm.

$$s = h_e \left[1 - \frac{1}{1 + \frac{h_e}{s_l} + \frac{h_e}{s_r}} \right] \quad (3.17)$$

s_l en s_r zijn hierin de afstand van de linker- en rechterzijkant tot V. Bij gebouwen zijn dit de afstanden van de verst verwijderde verticale hoeklijnen van het gebouw ter linker- en rechterzijde van V.



Figuur 3.7 De geometrie bij meerdere schermen tussen bron en immissiepunt



Figuur 3.8 Toelichting op de berekening van D_{scherm} bij meerdere schermen

3. De verbindingslijnen tussen bron B en S_i en tussen het immissiepunt I en S_i worden bepaald.
4. Vervolgens wordt de lijn BS_j geselecteerd, die vanuit de bron gezien de grootste elevatie heeft. Ook wordt de lijn IS_k geselecteerd, die vanuit het immissiepunt gezien de grootste elevatie heeft.
5. Als de lijnen BS_j en IS_k hetzelfde scherm betreffen, wordt D_{scherm} berekend door voor dit scherm de procedure van het enkele scherm te volgen. In de overige gevallen wordt het snijpunt P van de lijnen BS_j en IS_k bepaald. Door dit snijpunt wordt een verticale lijn, p, gedacht.
6. Op p worden twee punten bepaald te weten:
 - a. QB, snijpunt p met de lijn BQj;
 - b. QI, snijpunt p met de lijn IQk.

Bepaal de hypothetische omweg ε_h volgens de formule:

$$\varepsilon_h = BP + PI + - BQ_B - IQI \quad (3.18)$$

7. Vervolgens wordt D_{scherm} berekend volgens de formule:

$$D_{scherm} = 10 \log (0,118 \varepsilon_h f + 3) \quad (3.19)$$

waarbij wordt verstaan onder:

f = de middenfrequentie van de laagste tertsbands in een octaafband bij berekening in octaafbanden of de middenfrequentie van de tertsbands bij berekening in tertsbands.

Als de berekende waarde van D_{scherm} in deze situatie lager is dan 4,8 dB, dan moet voor D_{scherm} de waarde van 4,8 dB gehanteerd worden.

Als de berekende waarde van D_{scherm} in deze situatie hoger is dan 20 dB, dan moet voor D_{scherm} de waarde van 20 dB gehanteerd worden.

c.2 Bijzondere situatie

Een bijzondere rekenprocedure kan worden gevolgd als een scherm zich relatief dicht bij de bron bevindt (scherm 1) en een ander dicht bij het immissiepunt (scherm 2). Voorwaarde is dat (zie figuur 3.9).

$$r_{B1} < 0,2 r_i$$

$$r_{i2} < 0,2 r_i$$

Dezelfde rekenprocedure kan worden gevolgd als een scherm zich zeer dicht bij de bron bevindt, in het geval dat met de bron een geluiduitstralend geveldeel is gemodelleerd met als scherm die gevel (het gebouw). Dan is voorwaarde dat:

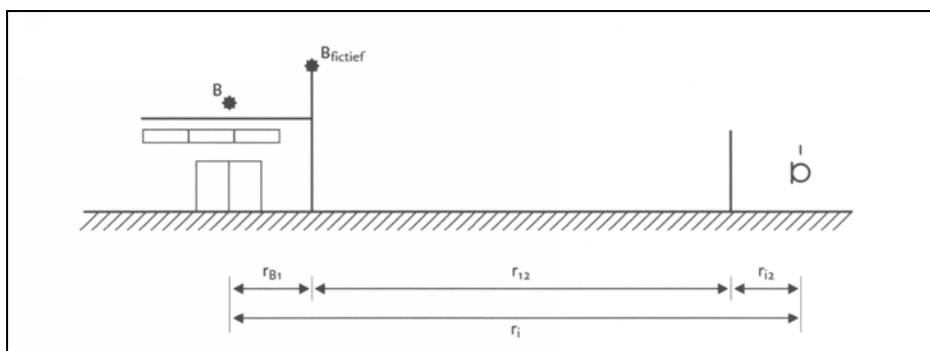
$$r_{B1} \leq 0,02 \text{ m}$$

$$r_{i2} < 0,8 r_i$$

D_{scherm} is nu de som van twee termen.

$$D_{scherm} = D_1 + D_2$$

$$0 \leq D_{scherm} \leq 40 \text{ dB}$$



Figuur 3.9 Toelichting op de geometrie bij een bijzondere situatie

D_1 wordt bepaald volgens de procedure van het enkele scherm voor scherm 1. Als voor scherm 1 geldt $h_e \geq 0$, dan wordt voor de berekening van D_2 een fictieve bron aangenomen op de top van scherm 1. Is $h_e < 0$, dan wordt geen fictieve bron aangenomen maar wordt met de werkelijke plaats van de bron gerekend. D_2 wordt berekend volgens de procedure van het enkele scherm. Aanbevolen wordt, als de afscherming nabij het immissiepunt groter is dan die bij de bron, de procedure om te draaien en eerst de afscherming nabij het immissiepunt te berekenen en vervolgens met een (fictief) immissiepunt de afscherming bij de bron. Als meer schermen bij bron en/of immissiepunt aan bovenstaande voorwaarde voldoen, worden de schermen met de hoogste waarde voor $(D_1 + D_2)$ gebruikt in de berekening.

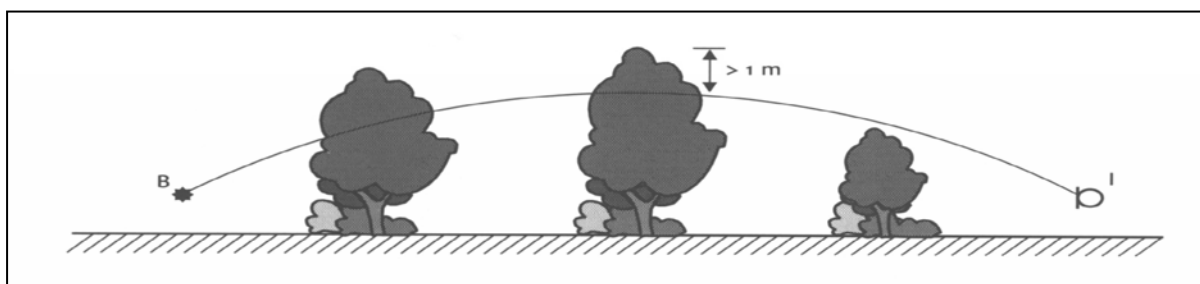
3.2.3.5 D_{veg}

Als zich in het gekromde geluidpad (zie formule 3.10) van geluidbron naar immissiepunt dichte vegetatie bevindt, bestaande uit een combinatie van bomen, struiken of heesters, zodanig dat het zicht volledig verdwenen is, mag daarvoor een geluidreductie worden gehanteerd. Deze geluidreductie in de overdracht is frequentie-afhankelijk en is opgenomen in tabel 3.4. Als extra eis voor het toepassen van deze reductie geldt dat de hoogte van de vegetatie tenminste 1 m hoger is dan de hoogte van het gekromde geluidpad ter plaatse van de afscherming (zie figuur 3.10).

In de praktijk zal alleen in uitzonderingsgevallen aan de eisen van ondoorzichtbaarheid worden voldaan. Als verschillende afzonderlijke vegetaties, die voldoen aan deze specificaties, de gekromde straal doorsnijden (regelbeplanting) mag de reductie voor iedere groep afzonderlijk worden toegepast. De reductie geldt zowel voor de zomer als de winter, mits aan de eisen van ondoorzichtbaarheid wordt voldaan. Voor veel beplantingen zal dit in de winter niet het geval zijn. De volgens tabel 3.4 te berekenen reductie mag dan alleen voor de helft in rekening worden gebracht. Voorts mag in geen geval met meer dan 4 beplantingsstroken worden gerekend.

Tabel 3.4 Geluidreductie die in rekening kan worden gebracht voor één strook dichte vegetatie, welke meer dan 1 m boven het gekromde geluidpad van bron naar immissiepunt uitsteekt

Middenfrequentie octaafbanden [Hz]	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
D_{veg} [dB]	0	0	1	1	1	1	2	3



Figuur 3.10 Het gekromde geluidpad gaat door twee 'regels' vegetatie

3.2.3.6 D_{terrein}

Op industrieterreinen kan, door geluidverstrooiing als gevolg van de aanwezigheid van installaties en objecten op het terrein, een extra verzwakking optreden. Deze wordt samengevat onder de term D_{terrein} . Als D_{terrein} in rekening wordt gebracht mag geen schermwerking van schermen op het bedrijfsterrein worden toegepast. D_{terrein} is zeer specifiek voor het type terrein, de dichtheid van obstakels en de hoogte daarvan. Het verdient daarom aanbeveling D_{terrein} door metingen vast te stellen, waarbij de meethoogte overeen moet komen met de geluidstraal die naar de (verder gelegen) relevante immissiepunten gaat. Voor bedrijven met open procesinstallaties kan voor planningsdoeleinden met drie typen diffuse afschermende objecten worden gerekend. Hiervoor wordt het volgende indicatieve model gehanteerd.

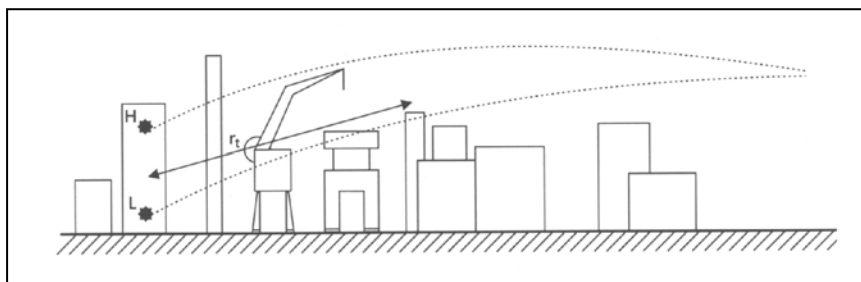
$$\begin{matrix} D_{\text{terrein}} \\ D_{\text{terrein}} \leq D_{\text{max}} \end{matrix} = t \quad (\eta) r_t \quad (3.20)$$

Met:

$t(f)$ = frequentie-afhankelijke factor voor de geluidverzwakking door industrieterreinen, de indicatieve waarden van $t(f)$ staan in tabel 3.5.

r_t = het deel van de gekromde geluidstraal, dat door de 'open' installaties gaat (zie ook figuur 3.11). Als de geluidstraal zich voornamelijk boven de installaties bevindt kan dit deel niet tot r_t worden gerekend.

D_{max} = maximale type-afhankelijke dempingswaarden voor iedere octaafband (zie tabel 3.5).



Figuur 3.11 Toelichting r_t

Tabel 3.5 Geluidverzwakking $t(f)$ in dB/m door verstrooiing door, reflectie tegen, en afscherming door open procesinstallaties (deze tabel is indicatief)

Midden-frequentie octaaf banden [Hz]	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	D_{max} [dB]
type A	0	0	0,02	0,03	0,06	0,09	0,1	0,1	0,1	10
type B	0	0	0,04	0,06	0,11	0,17	0,2	0,2	0,2	20
tanken-parken	0	0	0,002	0,005	0,015	0,02	0,02	0,02	0,02	10

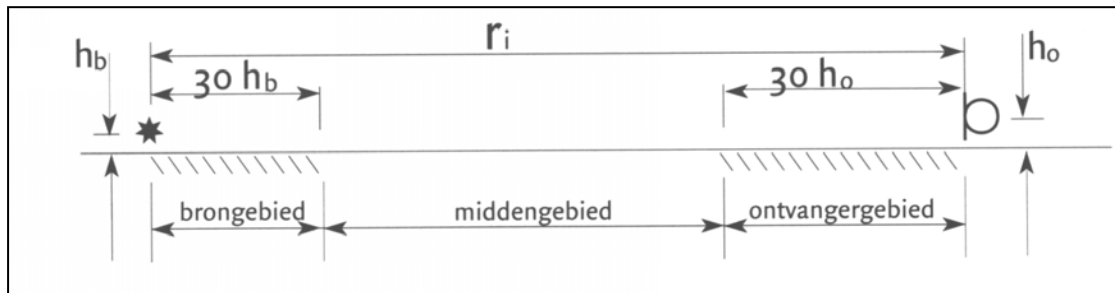
Bovengenoemde typen installaties kunnen gedefinieerd worden als:

- Type A: open procesinstallaties die per 30 m afstand door de installaties een bedekkingsgraad hebben van circa 20%;
- Type B: open procesinstallaties die per 30 m afstand door de installaties een bedekkingsgraad van meer dan 20% hebben.
- Tanken-parken: open procesinstallaties waar vele (opslag)tanks staan opgesteld.

De waarden uit de tabel moeten met de nodige voorzichtigheid worden toegepast en gelden alleen ter indicatie. Als het toepassen van andere waarden (bijvoorbeeld verkregen uit metingen of anderszins) leidt tot betrouwbaarder resultaten hebben deze de voorkeur.

3.2.3.7 D_{bodem}

In de term D_{bodem} zijn de effecten van absorptie door, reflectie tegen en verstrooiing aan de bodem verdisconteerd.



Figuur 3.12 Onderverdeling van bodemgebieden

D_{bodem} wordt per octaafband bepaald. Het model is geschikt voor 'breedbandige' geluiden. Bij de berekening in tertsbanden wordt voor alle tertsbanden en binnen de octaafband dezelfde waarde voor D_{bodem} aangehouden als voor de octaafband.

Geometrie

In het model wordt een drietal gebieden onderscheiden (zie [figuur 3.12](#)).

a. Brongebied

Het gebied dat vanaf de bron in de richting van het immissiepunt een lengte heeft van r_b .

$$r_b = 30 h_b \quad \text{als} \quad r_i \geq h_b \quad (3.21)$$

$$r_b = r_i \quad \text{als} \quad r_i < 30 h_b$$

b. Ontvangergebied

Het gebied dat vanaf het immissiepunt in de richting van de bron een lengte heeft van r_o .

$$r_o = 30 h_o \quad \text{als} \quad r_i \geq h_o \quad (3.22)$$

$$r_o = r_i \quad \text{als} \quad r_i < 30 h_o$$

c. Middengebied

Dit is het gebied tussen bron- en ontvangergebied. Overlappen het bron- en ontvangergebied elkaar dan wordt geen middengebied verondersteld.

Aard van de bodem

De volgende bodemtypen worden onderscheiden met behulp van de bodemfactor B.

a.1. Harde bodems: $B = 0$

Dit zijn alle bodems met een geluidreflecterend oppervlak, zoals asfalt, bestrating, water en betonplaten, waarop geen of nauwelijks geluidverstrooiende objecten aanwezig zijn.

a.2. Harde bodems met veel objecten: $B = 0,3$

Dit zijn bodems met een geluidreflecterend oppervlak van terreindelen waarop een grote dichtheid aan (semi-)permanent aanwezige geluidverstrooiende en/of geluidabsorberende objecten. Dit

betreft bijvoorbeeld terreinen met (semi-)permanent aanwezige opslag van fust en/of kratten, opslag van bouw- of sloopmaterialen, sommige parkeer- en stallingsterreinen. Dit geldt alleen voor zover de damping ten gevolge van die objecten door hun aard en/of aantal niet anderszins in rekening kan worden gebracht, bijvoorbeeld door die objecten te modelleren als een scherm, wal, gebouw, tank of silo (verticaal cilindrisch object) of door toepassing van D_{terrein} (open procesinstallaties) of D_{huis} (dampingsterm voor woongebieden). Kunnen die objecten wel op de genoemde wijze gemodelleerd worden, dan wordt voor de ondergrond van die objecten een harde bodem gehanteerd.

b. Absorberende bodems: $B = 1$

Absorberende bodems zijn alle bodems zonder zichtbare verharding waarop vegetatie voor kan komen met weinig of geen geluidverstrooiende objecten. Voorbeelden zijn grasland, akkerland met en zonder gewas, bossen, heide, tuinen, begroeide daken.

c. Gedeeltelijk absorberende bodems: $B = n/100$

Als een gebied voor n % uit absorberende bodem bestaat en voor het overige uit een harde bodem, dan is de bodemfactor

$$B = n/100 \quad (3.23)$$

Ook als er sprake is van een bodemsoort waarvan het oppervlak noch geheel geluidreflecterend, noch geheel geluidabsorberend is, kan een bodemfactor B tussen 0 en 1 worden ingevoerd.

Berekening van D_{bodem}

De term D_{bodem} is uit een drietal deeltermen opgebouwd die het effect van de bodem in het bron-, en immissiegebied en eventueel het middengebied aangeven.

$$D_{\text{bodem}} = D_{b,br} + D_{b,ont} + D_{b,mid} \quad (3.24)$$

De berekening van $D_{b,br}$ en $D_{b,ont}$ is volledig analoog. De berekening van het effect van het middengebied gaat op een andere wijze.

Tabel 3.6 De bodemverzwakking in het bron- en immissiegebied

Middenfrequentie octaafband [Hz]	$D_{b,br}$ of $D_{b,ont}$ [dB]
31,5	-3
63	-3
125	$-1 + B_b (a(h) + 1)$
250	$-1 + B_b (b(h) + 1)$
500	$-1 + B_b (c(h) + 1)$
1.000	$-1 + B_b (d(h) + 1)$
2.000	$-1 + B_b$
4.000	$-1 + B_b$
8.000	$-1 + B_b$
met:	$a(h) = 3,0 \cdot 10^{-0,12(h-5)^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right) + 5,7e^{-0,09h^2} \left(1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6} r_i^2}\right)$ $b(h) = 8,6e^{-0,09h^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$ $c(h) = 14,0e^{-0,46h^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$ $d(h) = 5,0e^{-0,90h^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$

Opmerking: voor $h = h_0 = 5$ m geldt de formule:

$$a(5) = \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right) + 0,6 \left(1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6} r_i^2}\right) \quad (3.25)$$

$$b(5) = 0,9 \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$$

$$c(5) = 0,0$$

$$d(5) = 0,0$$

$D_{b,br}$

$D_{b,br}$ wordt berekend uit de afstand r_i tussen bron en immissiepunt, de bodem factor B_b van het brongebied en de (gecorrigeerde) bronhoogte h . De bodemfactor B_b blijft betrokken op de echte bronhoogte h_b .

De hoogte h is gelijk aan de bronhoogte tenzij er afscherming optreedt met een positieve verticale omweg ($D_{scherm} \geq 4,8$) en de bronhoogte minder dan 5 m bedraagt. In dat geval geldt:

$$h = h_b \text{ als } h_b \geq 5 \text{ m of } h_e \leq 0 \quad h = h_b \text{ als } h_b > 5 \text{ m of } h_e < 0 \quad (3.26)$$

$$h = h_b + \frac{r_i - r_{bs}}{r_i} h_e \text{ als } h_b < 5 \text{ m en } h_e > 0$$

N.B. Bij de rondommethode wordt bij bepaling van immissieniveaus uitgegaan van $D_{b,br} = -1$.

$D_{b,ont}$

De berekening van $D_{b,ont}$ is analoog aan $D_{b,br}$ (zie

[tabel 3.6](#)

[tabel 3.6](#)).

$D_{b,mid}$

De verzwakking ten gevolge van het middengebied wordt bepaald uit de bodemfactor van het middengebied B_m en de factor m (zie tabel 3.7).

Tabel 3.7 De bodemverzwakking in het middengebied

Middenfrequentie octaafband [Hz]	$D_{b,mid}$ [dB]
31,5 en 63	-3 m
125 en hoger	+3 m ($B_m - 1$)
met: $m = 0$ als $r_i \leq 30 (h_b + h_o)$	
$m = 1 - 30 (h_b + h_o)/r_i$ als $r_i > 30 (h_b + h_o)$	

Een bijzonder geval doet zich voor als bron en ontvanger zich op relatief korte afstand van elkaar bevinden ten opzichte van de bronhoogte en ontvangerhoogte. Als voor de verhouding tussen de lengte van het directe geluidpad r_i en het tegen de bodem spiegelbeeldig gereflecteerde geluidpad r_r (bron - bodem - ontvanger) geldt:

$$20 \log r_r/r_i \geq 10$$

dan wordt geen bodemeffect in rekening gebracht ($D_{bodem} = 0$ dB).

3.2.3.8 D_{huis}

In het geval dat meervoudige reflecties nabij het immissiepunt een rol spelen, wordt aangeraden voor deze situatie een hybride methode toe te passen (zie paragraaf 3.4). Bij enkelvoudige

reflecties kan de bijdrage via de reflectie worden berekend. De reflecterende objecten moeten voldoen aan de criteria die in paragraaf 3.2.3.3 zijn genoemd, waarbij dan voor 'de bron' 'het immissiepunt' moet worden gelezen. De berekening gaat verder analoog (zie paragraaf 3.2.3.3). Voor het bepalen van een 'gemiddelde dempingsterm voor woongebieden' kan gebruik worden gemaakt van [L.8] en [L.9]. Met die methode kan voor een specifieke stedenbouwkundige situatie de term '*D_{huis}*' worden berekend, zijnde een gemiddelde waarde voor het betreffende gebied.

3.3 Methode II: Substitutiemethode (II.9)

Het doel van de substitutiemethode is het met een kunstbron (veelal een luidspreker) bepalen van de overdrachtsverzwakking tussen de locatie van een bestaande bron en de locatie van een immissiepunt. Bij deze methode moeten drie metingen worden verricht (meestal per octaafband):

- de immissierelevante geluidvermogen van de kunstbron;
- het geluiddrukkniveau op het immissiepunt, veroorzaakt door de kunstbron;
- óf het geluiddrukkniveau op het immissiepunt afkomstig van de echte bron óf de immissierelevante geluidvermogen van de echte bron.

Afhankelijk van de laatstgenoemde meting, kunnen de resultaten van de geluidmetingen als volgt gebruikt worden:

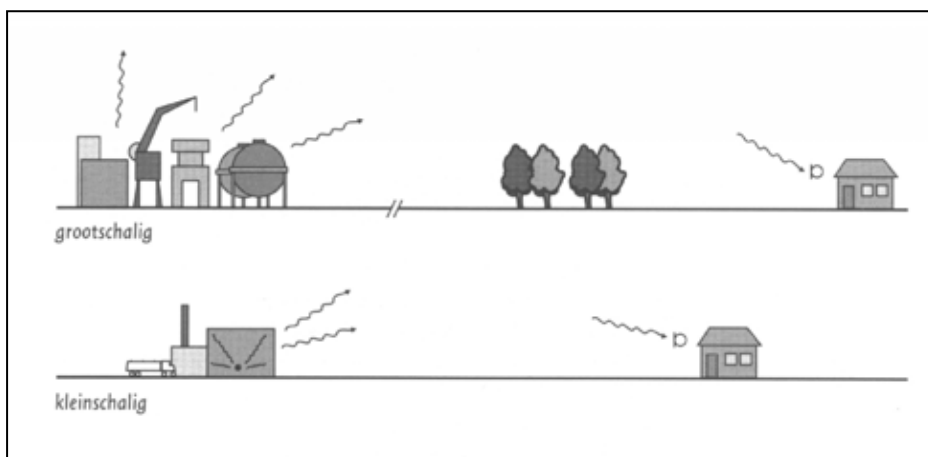
- als de immissie ten gevolge van de bestaande bron bekend is, kan de emissie van deze bron worden bepaald;
- als de emissie van een bron bekend is, kan de immissie ten gevolge van die bron worden bepaald.

Mogelijke fouten

In de praktijk treden bij toepassing de volgende problemen op:

- Als alleen één positie van de kunstbron wordt gehanteerd, kunnen zeer grote interferentie-effecten optreden. De meeste industriële bronnen hebben enige omvang en een diffuse uitstraling. Een kunstbron is klein van afmeting en vertoont een min of meer gerichte uitstraling. Hierdoor treedt ten aanzien van o.a. reflecties en bodemdamping een andere overdrachtsverzwakking op dan bij de te onderzoeken bron. In dat geval kan een beter resultaat verkregen worden door de bron op meerdere plaatsen en in verschillende richtingen te laten uitstralen en hierover te middelen.
- De kunstbron kan vaak niet exact op de plaats van de werkelijke bron staan. In plaats daarvan zal de kunstbron vaak vóór of boven de te onderzoeken bron moeten worden geplaatst. De substitutie is dan niet volledig.
- Door het combineren van de bovengenoemde drie metingen worden onnauwkeurigheden geïntroduceerd.
- Allereerst is in die zin de reproduceerbaarheid van het zendvermogen van de kunstbron noodzakelijk. Vervolgens moeten de metingen zeer nauwkeurig uitgevoerd kunnen worden om in het eindresultaat, alleen al op basis van meetfouten, een nauwkeurigheid te kunnen bereiken die valt binnen enkele dB's. Deze nauwkeurigheid heeft betrekking op iedere octaafband die voor het eindresultaat van belang is.
- Stoorgeluid kan het resultaat van de geluidmetingen beïnvloeden. Zodoende moet het stoorgeluidniveau bij de drie metingen in het algemeen laag zijn (zie paragraaf 2.1.1), en de immissierelevante geluidvermogen van de kunstbron zeer hoog. Deze eisen blijken in veel praktijksituaties niet goed haalbaar. Een controle hierop kan worden uitgevoerd door de kunstbron intermitterend aan en uit te zetten.

Bij kleinschalige industriële situaties is de fout, genoemd onder punt d, veelal te vermijden door het kiezen van een krachtige kunstbron. Als rond de kunstbron, als gevolg van veelvuldige reflecties, een diffuus veld optreedt (afgesloten ruimte, binnenplaats e.d.) zijn de fouten onder punt a en b ook goed te onderdrukken, zodat dan het gebruik van de substitutiemethode tot betrouwbare resultaten kan leiden.



Figuur 3.13 De toepassing van een kunstbron in groot- en kleinschalige situaties

Toepassingen

Bij grootschalige industriële situaties is de methode zelden geschikt voor het meten van volledige, grote overdrachtstrajecten tussen bron en immissiepunt, in verband met de bovengenoemde oorzaken van systematische en toevallige fouten. Wel kunnen in een dergelijk geval de geluidverzwakking over delen van het overdrachtstraject worden gemeten en worden gecombineerd met berekeningen. Zie hybride methoden (paragraaf 3.4).

Substitutiemethoden kunnen veelvuldig worden toegepast bij het optreden van contactgeluid in de vorm van reciprociteitsmetingen. Dit wordt hier niet nader besproken doch er wordt verwezen naar [L.4], [L.5] en [L.6].

3.4 Methode II: Hybride methoden (II.10)

Onder hybride-methoden wordt verstaan:

- dat berekeningsresultaten worden gecontroleerd en bijgesteld op basis van meetresultaten, verkregen op gekozen punten tussen bron en immissiepunt (meest voorkomende vorm), óf;
- dat onbetrouwbaar geachte meetresultaten (stoorgeluid, instrumentatie, weersinvloeden) op basis van berekeningen worden gecontroleerd (zie toepassing 3).

Het verdient bijna altijd aanbeveling meet- en berekeningsresultaten met elkaar te vergelijken, ten einde fouten te vermijden. In complexe situaties wordt dit sterk aanbevolen. Deze vergelijking gebeurt op dB(A)-waarde, maar ook op spectraal niveau. Het kan voorkomen dat de dB(A)-waarde goed overeenkomt, maar dat spectraal zeer grote verschillen bestaan.

Hybride-methoden kunnen in vele vormen worden toegepast. Daarom wordt hier volstaan met enkele voorbeelden van toepassingen.

Toepassing 1

Een drietal bronnen is gelegen op 500 tot 700 m afstand van het immissiepunt. In dezelfde richting als het immissiepunt veroorzaakt de brongroep een bepaald geluidniveau in een woonwijk. Aan de rand van de wijk komt het op 10 m hoogte gemeten geluidniveau overeen met het berekende geluidniveau. In de bebouwing treden echter verschillen op tussen de meet- en berekeningsresultaten. De metingen tussen de bebouwing worden betrouwbaar geacht (er zijn meerdere metingen per meetpunt verricht). De berekening van de geluidoverdracht in de bebouwing is echter gebaseerd op bepaalde kengetallen. Deze overdrachtsberekening mag voor het traject in de bebouwing voor elk van de bronnen op dezelfde wijze worden bijgesteld.

Eenzelfde bijstelling mag plaatsvinden als de industrie ver van het immissiepunt verwijderd is, en de meet- en berekeningsresultaten op grote hoogte (bijvoorbeeld 10 m) overeenstemmen, terwijl

op geringe hoogte (bijvoorbeeld 1,5 m) het niveau moet worden vastgesteld. Als door de specifieke aard van de bodem het bodemeffect niet nauwkeurig berekend kan worden, kan het bodemeffect worden bepaald met behulp van het gemiddelde meetresultaat verkregen op 1,5 m hoogte.

Toepassing 2

De geluidemissie van één of een aantal individuele bronnen kan in een immissierelevante geluidvermogen voor het hele bronterrein worden omgerekend door de overdrachtsweg op het terrein in rekening te brengen (bijvoorbeeld met behulp van een isolatieberekening (paragraaf 2.3.3.6), D_{refl} , $D_{terrein}$ en D_{scherm} (zie paragraaf 3.2.3). Deze berekende immissierelevante geluidvermogen kan worden gecontroleerd door het bepalen van het geluidvermogen van het hele terrein op basis van:

- een rondom-meting (zie paragraaf 2.3.3.3);
- geluidimmissiemetingen rond het terrein en uit deze resultaten met de geconcentreerde bronmethode (zie paragraaf 2.3.3.1) het geluidvermogen van het hele terrein te bepalen.

Uit de vergelijking van de berekende en de gemeten resultaten kan een bijstelling van de berekende overdrachtsverzwakking plaatsvinden.

Toepassing 3

Metingen waarbij weersinvloeden een belangrijke rol hebben gespeeld, dan wel waarbij (mogelijk) stoorgeluid aanwezig was, kunnen worden gecontroleerd door een emissiebepaling aangevuld met een overdrachtsberekening of door metingen op een dichter bij de bron gelegen punt, waarbij een extrapolatieberekening wordt toegepast.

Deze controle wordt vooral aanbevolen bij geluidmetingen op grote afstand van de bron, omdat daar het spectrum van het omgevingsgeluid en het spectrum van de bron minder goed van elkaar zijn te onderscheiden. Vaak blijkt dat in bepaalde octaafbanden het stoorgeluid van invloed is, terwijl dit met het gehoor niet waarneembaar is.

Tot de Hybride methoden kunnen evenzeer gerekend worden de overdrachtsmodellen, gebaseerd op golffront extrapolatie en het gebruik van geavanceerde meetsystemen, gebaseerd op microfoon arrays. Met name in zeer complexe situaties waar de conclusies kunnen leiden tot grote gevolgen, kan het toepassen van andere technieken dan in methode II omschreven, leiden tot meer inzicht. In al deze gevallen gaat de rapportage vergezeld van een uitgebreide documentatie van de toegepaste techniek.

4 Geluid van activiteiten

4.1 Toepassingsbereik

Het geluid van activiteiten, niet zijnde het geluid van gezamenlijke activiteiten op een industrieterrein waarvoor geluidproductieplafonds zijn vastgesteld, wordt beoordeeld op basis van een langtijdgemiddeld beoordelingsniveau ($L_{A,T}$) voor de drie beoordelingsperiodes van een etmaal. Deze beoordelingsperiode van een etmaal hebben betrekking op de volgende periode voor zover niet anders is voorgeschreven:

- Dagperiode, zijnde de periode tussen 07.00 en 19.00 uur;
- Avondperiode, zijnde de periode tussen 19.00 en 23.00 uur;
- Nachtperiode, zijnde de periode tussen 23.00 en 07.00 uur.

Het uitgangspunt voor de beoordeling van het geluid is het invallend geluidniveau. Het invallend geluid wordt door metingen en/of berekeningen nabij de ontvanger vastgesteld op de plaats en de hoogte waar hinder wordt of kan worden ondervonden (in het algemeen gevels die maatgevend zijn voor het geluidniveau in geluidgevoelige ruimten), met dien verstande dat de beoordelingshoogte tenminste 1,5 m bedraagt.

Bij metingen en/of berekeningen worden variaties in de geluidsoverdracht (vooral op grotere afstanden van belang) verdisconteerd door toepassing van het systeem meteoraam/meteocorrectieterm.

Daarnaast kan het geluid van activiteiten beoordeeld worden op basis van de optredende geluidpieken. De beoordeling van de geluidpieken vindt plaats op basis van het maximale geluidniveau (L_{Amax}). Bij metingen en/of berekeningen worden variaties in de geluidsoverdracht (vooral op grotere afstanden van belang) verdisconteerd door toepassing van het systeem meteoraam/meteocorrectieterm.

Voor de bepaling van een jaargemiddelde geluidbelasting voor het geluid van een industrieterrein waarvoor geluidproductieplafonds als omgevingswaarden moeten worden vastgesteld, wordt verwezen naar hoofdstuk 5.

De in dit hoofdstuk beschreven wijze van bepaling van de beoordelingsgrootheden is voor methode I en II identiek, met dien verstande dat de wijze waarop de meteocorrectieterm van methode II enigszins in een groter toepassingsbereik voorziet dan de meteocorrectieterm van methode I.

4.2 Te beschouwen bedrijfssituatie

Onder het geluid van een activiteit wordt verstaan het gezamenlijke geluid van alle (deel)activiteiten die onderdeel zijn van een zogenoemde representatieve bedrijfssituatie (RBS). Een activiteit die niet op een industrieterrein wordt uitgevoerd heeft in beginsel één representatieve bedrijfssituatie. De representatieve bedrijfssituatie is hierbij de situatie waarbij de voor de geluidproductie relevante omstandigheden kenmerkend zijn voor de uitvoering van activiteiten bij volledige capaciteit in de te beschouwen etmaalperiode.

Voor de representatieve bedrijfssituatie kan worden aangesloten op de op 12 jaardagen na lawaaigste jaardag (de zogenoemde 13^e dag). Naast de representatieve bedrijfssituatie kan ook één of meerdere uitzonderlijke bedrijfssituaties (UBS) worden onderscheiden. Een uitzonderlijke bedrijfssituatie is een (deel)activiteit die geen onderdeel is van de representatieve bedrijfssituatie en meer geluid veroorzaakt dan de representatieve bedrijfssituatie. Onder een dergelijke uitzonderlijke bedrijfssituatie vallen onder meer een incidentele bedrijfssituatie en een regelmatige afwijking van de representatieve bedrijfssituatie. Aan een uitzonderlijke bedrijfssituatie kunnen separate geluidgrenswaarden worden gesteld, waarbij rekening wordt gehouden met het beperkt optreden van dergelijke bedrijfssituaties.

Metingen aan activiteiten moeten zoveel mogelijk worden uitgevoerd bij een representatieve bedrijfssituatie, dat wil zeggen de resultaten van de meting/berekening moeten kenmerkend zijn voor de geluidssituatie over een beoordelingsperiode. Daarbij kan de representatieve bedrijfssituatie onderverdeeld zijn in verschillende doch eenduidig definieerbare bedrijfstoestanden. Bij elke meting per bedrijfstoestand hoort daarom ook een technische omschrijving van deze bedrijfstoestand. De gedetailleerdheid van deze beschrijving wordt bepaald door het doel van de meting en de beschikbare informatie.

De meetperiode is zodanig, dat het resultaat niet beïnvloed wordt door de keuze van het begin- of eindtijdstip van de metingen. De meetperiode is afhankelijk van het type geluid.

4.3 Bijzondere geluiden (tonaal karakter/impulsgeluid/muziekgeluid)

Bij het beoordelen van geluid van activiteiten moet rekening worden gehouden met bijzondere geluiden die vanwege hun karakter als extra hinderlijk worden beschouwd. Het betreft tonaal geluid, geluid met een impulsachtig karakter en muziekgeluid. Als criterium geldt dat het bijzondere karakter duidelijk hoorbaar is op het beoordelingspunt. Als er bij een bedrijfstoestand sprake is van deze bijzondere geluiden, wordt een toeslag op het bij deze bedrijfstoestand gemeten

(of berekende) langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau gehanteerd. Bij een combinatie van tonaal, impulsachtig geluid wordt die toeslag maar één keer toegepast.

De toeslag heeft betrekking op het gemeten (of berekende) langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege een bedrijfstoestand van de activiteiten. De toeslag wordt nadrukkelijk niet alleen toegepast op de deelbijdrage van die geluidbron die de aanleiding vormt voor het hanteren van de toeslag. Uitzondering daarop zijn zeer complexe situaties waar vele bedrijfstoestanden te onderscheiden zijn of waar het niet bekend is wanneer de bron met het bijzondere geluid exact optreedt. Dan vindt de toeslag plaats op het emissieniveau van de specifieke geluidbron(nen).

In het onderstaande is een nadere toelichting gegeven over bijzondere geluiden.

4.3.1 Tonaal geluid

Als criterium geldt dat het tonale karakter van het geluid duidelijk hoorbaar is op het beoordelingspunt. Er kan sprake zijn van tonaal geluid als het geluid op het beoordelingspunt wordt bepaald door bijvoorbeeld jankende tandwielkasten, brommende transformatoren, gierende ventilatoren, modelvliegtuigen en bepaalde trilapparatuur (betonindustrie). Herkenbaarheid van een specifieke geluidsbron hoeft geen aanwijzing te zijn van tonaliteit.

In geval van geluid met een tonaal karakter wordt er op het gemeten of berekende langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege de activiteit(en) een toeslag van 5 dB in rekening gebracht. De toeslag wordt alleen toegepast voor dat deel van de beoordelingsperiode dat er sprake is van tonaal geluid.

In sommige gevallen kan een (smalbandige) spectrale analyse de aanwezigheid van een zuivere toon aantonen, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van 'pieken' in het spectrum. De aanwezigheid van dergelijke "pieken" kan het waargenomen tonale karakter bevestigen; het is echter niet altijd een "bewijs" voor tonaal karakter. Het is namelijk mogelijk dat deze pieken in het spectrum ruim onder het equivalente geluidsimmissieniveau in dB(A) liggen, en door de maskering vanwege (breedbandig) geluid in het overige frequentiegebied het geluidsimmissieniveau geen tonaal karakter geven. Eventueel kan dan de kritische bandbreedtemethode volgens ISO 1996-2:2017 bijlage J [L.10] als hulpmiddel dienen. Alleen als de grootheid K_t in genoemde norm tenminste 5 dB bedraagt, kan sprake zijn van tonaal geluid zoals bedoeld in deze meet- en rekenmethode geluid industrie. Een tertsbandanalyse geeft in de regel onvoldoende informatie.

4.3.2 Impulsachtig geluid

Bij impulsachtig geluid komen in het geluidbeeld geluidstoten voor die minder dan 1 seconde duren en een zekere repetitie kennen. Een bijzondere vorm is impulsachtig geluid met een continu (soms periodiek) karakter.

Als criterium geldt dat het impulsachtig karakter duidelijk hoorbaar is op het beoordelingspunt. Er kan sprake zijn van impulsachtig geluid als de geluidbelasting bij de ontvanger wordt bepaald door bijvoorbeeld geluid uit een constructiewerkplaats ten gevolge van hameren of bikken gedurende een zekere periode, het geluid van een stansmachine (continu en periodiek) of door blaffende honden.

In geval van impulsachtig geluid wordt er op het gemeten of berekende langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege de activiteit(en) een toeslag van 5 dB in rekening gebracht. De toeslag wordt toegepast voor dat deel van de beoordelingsperiode dat er sprake is van impulsachtig geluid.

Voor een bijzondere vorm van impulsachtig geluid, het schietgeluid, wordt ten aanzien van inventarisatie en beoordeling verwezen naar de bijlagen XXIV, XXVII en XXVIII. Schietgeluid valt buiten het kader van deze meet- en rekenmethode geluid industrie.

4.3.3 Muziekgeluid

Als criterium voor het toekennen van een toeslag voor muziekgeluid geldt dat het muziekkarakter duidelijk hoorbaar moet zijn op het beoordelingspunt.

Als er sprake is van muziekgeluid wordt op het gemeten of berekende langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege de activiteit(en) een toeslag van 10 dB in rekening gebracht. De toeslag wordt toegepast voor dat deel van de beoordelingsperiode dat er sprake is van muziekgeluid. Als een toeslag voor muziekgeluid wordt gehanteerd, vervallen eventuele toeslagen voor tonale of impulsachtige geluiden.

4.3.4 Laagfrequent geluid

Laagfrequent geluid is geluid met frequenties beneden circa 100 Hz, waardoor het zich sterk van gewoon hoorbaar geluid onderscheidt. Tot op heden heeft dit evenwel niet geleid tot het op gestandaardiseerde wijze toepassen van een toeslag. Om die reden wordt hieraan in dit kader geen bijzondere aandacht besteed.

4.4 Bepaling beoordelingsgrootheden

4.4.1 Bepaling langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeqi,LT}$

De representatieve of uitzonderlijke bedrijfssituatie kan bestaan uit verschillende bedrijfstoestanden (zie ook paragraaf 4.2). Bij metingen wordt het immissieniveau per bedrijfstoestand bepaald uit het energetisch gemiddelde van de gemeten (geldige) geluidsniveaus $L_{Aeq,T}$, zo nodig per meting gecorrigeerd voor stoorgeluid, volgens de formule:

$$L = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{x=1}^N 10^{\frac{L_x}{10}} \right) \quad (4.1)$$

waarbij wordt verstaan onder:

N = Aantal metingen

L_x = equivalente geluidsniveau van meting x

Omdat het immissieniveau vastgesteld wordt onder meteoraamcondities, wordt dit niveau het gestandaardiseerde immissieniveau L_i genoemd.

Wanneer de metingen en uitwerkingen zijn uitgevoerd in frequentiebanden, kan hieruit het gestandaardiseerde immissieniveau in dB(A) worden berekend door de A-gewogen geluidsniveaus in de beschouwde frequentiebanden energetisch te sommeren.

Wanneer de metingen direct in dB(A) zijn uitgevoerd, wordt hieruit direct het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau L_i per bedrijfstoestand verkregen.

Het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeqi,LT}$ in dB(A) ten gevolge van een bepaalde bedrijfstoestand i wordt bepaald uit het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau volgens de formule:

$$\cancel{L_{Aeqi,LT}} = \cancel{L_i} - \cancel{C_b} - \cancel{C_m} - \cancel{C_g} \quad L_{Aeqi,LT} = L_i - C_b - C_m - C_g \quad (4.2)$$

In het volgende wordt op de verschillende termen in formule 4.2 ingegaan.

De bedrijfsduurcorrectieterm C_b

De bedrijfsduurcorrectieterm C_b brengt de periode T_b in rekening zolang de bedrijfstoestand tijdens een beoordelingsperiode T_o (dag, avond, nacht) blijft bestaan.

$$C_b = -10 \log \left(\frac{T_b}{T_0} \right) \quad (4.3)$$

Hierbij worden de volgende beoordelingsperioden aangehouden, tenzij uitdrukkelijk anders vermeld:

- dagperiode: 07.00-19.00 uur; $T_0 = 12$ uur
- avondperiode: 19.00-23.00 uur; $T_0 = 4$ uur
- nachtperiode: 23.00-07.00 uur; $T_0 = 8$ uur

De meteocorrectieterm C_m

De meteocorrectieterm C_m wordt berekend volgens de formules:

$$C_m = 0 \text{ als } r_i \leq 10(h_b + h_o) \quad C_m = 0 \text{ als } r_i \leq 10(h_b + h_o) \quad (4.4)$$

$$C_m = 5 - 50 \frac{(h_b + h_o)}{r_i} \text{ als } r_i > 10(h_b + h_o)$$

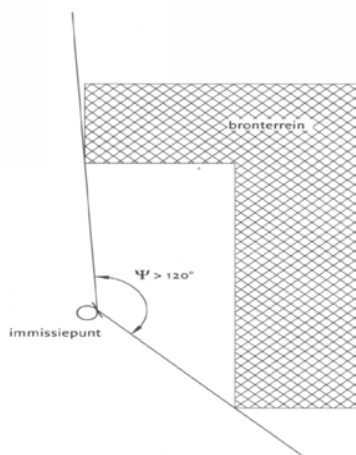
Deze meteocorrectieterm is altijd positief of gelijk aan nul ($C_m \geq 0$)

Als bij toepassing van methode II de meting een bronterrein betreft dat onder een zichthoek $\psi > 120^\circ$ vanuit het immissiepunt wordt gezien en waarbij $r_i > 10(h_b + h_o)$, vinden de metingen plaats bij windrichtingen die gelijkmatig zijn verdeeld over deze zichthoek (zie figuur 4.1).

De meteocorrectieterm bedraagt dan:

$$C_m = 0 \text{ als } r_i \leq 10(h_b + h_o) \quad C_m = 0 \text{ als } r_i \leq 10(h_b + h_o) \quad (4.5)$$

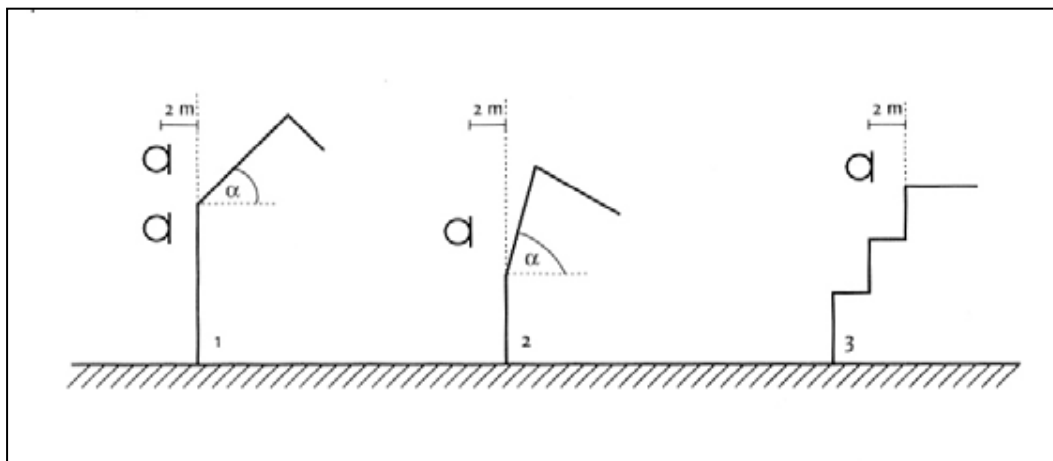
$$C_m = 5 - 50 \frac{(h_b + h_o)}{r_i} \left(1 - 0,3 \cdot \frac{\psi}{180^\circ} \right) \text{ als } r_i > 10(h_b + h_o)$$



Figuur 4.1 Definitie zichthoek ψ

De gevelcorrectieterm C_g

Tenzij uitdrukkelijk anders gespecificeerd, wordt het niveau van het invallend geluid (dus zonder bijdrage van reflectie tegen een achterliggende gevel) bepaald. Als het meetpunt direct vóór een gevel is gesitueerd, wordt op het gestandaardiseerde immissieniveau L_i een procedurele gevelcorrectieterm C_g van 3 dB in mindering gebracht om het invallende geluid te bepalen (zie figuur 4.2). De in figuur 4.2 aangegeven afstand van 2 m voor de gevel wordt bij metingen in acht genomen.



Figuur 4.2 Toelichting op gevelreflectie

Dwarsdoorsnede huis 1: $C_g = 3$ dB voor de onderste microfoon c.q. beoordelingspositie

$C_g = 0$ dB voor de bovenste microfoon of beoordelingspositie

Dwarsdoorsnede huis 2: $C_g = 3$ dB ($\alpha \geq 70^\circ$)

Dwarsdoorsnede huis 3: $C_g = 0$ dB

4.4.2 Bepaling beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$

Wanneer op het beoordelingspunt binnen het totaal aanwezige geluidsniveau, vanwege een activiteit een geluid met duidelijk een tonaal of een impulsachtig karakter kan worden waargenomen, wordt op het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau van de betreffende bedrijfstoestand tijdens welke dit specifieke karakter optreedt een toeslag berekend van:

- tonaal: $K_1 = 5$ dB;
- impuls: $K_2 = 5$ dB.

Per bedrijfstoestand wordt ten hoogste één toeslag in rekening gebracht.

Wanneer op het beoordelingspunt binnen het totaal aanwezige geluidsniveau, vanwege een activiteit geluid met een duidelijk muziekkarakter wordt waargenomen, wordt het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege de betreffende bedrijfstoestand een toeslag berekend van: $K_3 = 10$ dB.

Als deze toeslag wordt toegepast, wordt voor deze bedrijfstoestand geen toeslag meer voor tonaal of impulsgeluid toegepast. De totale toeslag kan daarom niet groter zijn dan 10 dB.

Het langtijdgemiddeld deelbeoordelingsniveau per bedrijfstoestand (kortweg deelbeoordelingsniveau) $L_{Ari,LT}$ wordt voor elke afzonderlijke beoordelingsperiode bepaald volgens de formule:

$$L_{Ari,LT} = L_{Aeqi,LT} + K_x L_{Ari,LT} = L_{Aeqi,LT} + K_x \quad (4.6)$$

Hierin komt K_x overeen met K_1 , K_2 of K_3 .

Het totale beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ wordt voor elke beoordelingsperiode bepaald uit de energetische sommatie van de deelbeoordelingsniveaus volgens de formule:

$$L_{Ar,LT} = 10 \log \sum 10^{\frac{L_{Ari,LT}}{10}} \quad (4.7)$$

4.4.3 Bepaling maximale geluidsniveau L_{Amax}

Het maximale A-gewogen geluidniveau wordt onder meteoraamcondities gemeten in de meterstand 'fast'. Op het gemeten maximale geluidsniveau $L_{i,max}$ wordt de meteocorrectieterm C_m (zie paragraaf 4.4.1) toegepast voor het verkrijgen van de beoordelingsgrootte $L_{A,max}$. Tot een afstand van $r_i = 150$ m bedraagt de meteocorrectie C_m meestal minder dan 4 dB. De C_m -waarde heeft betrekking op de geluidbron die het maximale geluidniveau veroorzaakt. Het maximale geluidniveau heeft gelijk als het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau betrekking op het invallende geluid (zie paragraaf 4.4.1).

5 Geluid van een industrieterrein

5.1 Toepassingsbereik

Het geluid door een industrieterrein waarvoor geluidproductieplafonds zijn vastgesteld is de jaargemiddelde geluidbelasting in L_{den} en L_{night} . Deze jaargemiddelde geluidbelasting wordt bepaald op basis van gegevens die zijn vastgesteld volgens methode II en is het gezamenlijke geluid door alle activiteiten die behoren tot de geluidbronsoort industrieterrein.

Het uitgangspunt voor de beoordeling van het geluid op geluidgevoelige bestemmingen is het invallend geluidniveau. Bij metingen of berekeningen worden variaties in de geluidsoverdracht (vooral op grotere afstanden van belang) verdisconteerd door toepassing van het systeem meteoraam/meteocorrectieterm.

5.2 Te beschouwen bedrijfssituatie

Het geluid van een industrieterrein is het gezamenlijke jaargemiddelde geluid van alle activiteiten die op een industrieterrein plaatsvinden. Hierbij wordt buiten beschouwing gelaten het geluid van:

- windturbines, windparken, civiele buitenschietsbanen, militaire buitenschietsbanen en militaire springterreinen;
- activiteiten waarvoor het omgevingsplan of een omgevingsvergunning voor een omgevingsplanactiviteit waarborgt dat het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ van het geluid op 30 m afstand van de begrenzing van de locatie waar de activiteit wordt verricht, niet meer bedraagt dan 45 dB;
- het TT Circuit Assen en het Circuit Park Zandvoort gedurende ten hoogste 12 dagen per kalenderjaar; en
- spoorvoertuigen op spoorwegemplacementen en doorgaand verkeer op wegen, vaarwegen en spoorwegen.

Voor alle activiteiten die op het industrieterrein worden uitgevoerd wordt een zogenoemde jaargemiddelde bedrijfssituatie (JBS) vastgesteld. Deze jaargemiddelde bedrijfssituatie wordt voor alle activiteiten in zowel de dag- avond als nachtperiode vastgesteld. Hierbij worden ook tijdelijk verhogingen van het geluid door uitzonderlijke bedrijfssituaties meegenomen.

5.3 Bijzondere geluiden (tonaal karakter/impulsgeluid/muziekgeluid)

Bij het beoordelen van het geluid door een industrieterrein wordt in beginsel geen rekening gehouden met bijzondere geluiden die extra hinderlijk zijn. Bij het beoordelen van het geluid door afzonderlijke activiteiten op een industrieterrein kan een toeslag vanwege extra hinderlijkheid wel aan de orde zijn. Het bevoegd gezag moet wel zorgen voor een zorgvuldige afstemming van het geluid door een industrieterrein en het geluid van de afzonderlijke activiteiten op een industrieterrein. Hierbij kan een probleem optreden, bijvoorbeeld bij een solitaire transformatorstation dat tonaal geluid veroorzaakt én een activiteit is die in aanzienlijke mate geluid kan veroorzaken en daarom op een industrieterrein met geluidproductieplafonds moet worden uitgevoerd. Het verdient dan aanbeveling om ook bij het vaststellen van de geluidproductieplafonds een toeslag voor extra hinderlijkheid toe te passen. De toeslag wordt

hierbij toegepast over de periode van het jaar dat er sprake is van bijzonder geluid. Voor een nadere toelichting over bijzondere geluiden wordt verwezen naar paragraaf 4.3

5.4 Bepaling beoordelingsgrootheid

5.4.1 Bepaling jaargemiddeld deelgeluidniveau $L_{Aeqi, JM}$

Het jaargemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeqi, JM}$ in dB(A) ten gevolge van een bepaalde bedrijfstoestand of geluidbron i wordt bepaald uit het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau volgens de formule:

$$L_{Aeqi, JM} = L_i - C_b - C_m - C_g \quad L_{Aeqi, JM} = L_i - C_b - C_m - C_g \quad (5.1)$$

In het volgende wordt op de verschillende termen in formule 5.1 ingegaan.

De bedrijfsduurcorrectieterm C_b

De bedrijfsduurcorrectieterm brengt de jaargemiddelde periode T_b in rekening zolang de bedrijfstoestand (jaargemiddeld tijdens een beoordelingsperiode T_o (dag, avond, nacht)) blijft bestaan.

$$C_b = -10 \log \left(\frac{T_b}{T_o} \right) \quad (5.2)$$

Hierbij zijn de beoordelingsperioden:

- dagperiode: 07.00-19.00 uur; $T_o = 12$ uur
- avondperiode: 19.00-23.00 uur; $T_o = 4$ uur
- nachtperiode: 23.00-07.00 uur; $T_o = 8$ uur

De meteocorrectieterm C_m

De meteocorrectieterm C_m wordt berekend volgens de formule:

$$C_m = 0 \text{ als } r_i \leq 10(h_b + h_o) \quad C_m = 0 \text{ als } r_i \leq 10(h_b + h_o) \quad (5.3)$$

$$C_m = 5 - 50 \frac{(h_b + h_o)}{r_i} \text{ als } r_i > 10(h_b + h_o)$$

Deze meteocorrectieterm is altijd positief ($C_m \geq 0$)

De gevelcorrectieterm C_g

Tenzij anders gespecificeerd, wordt het niveau van het invallende geluid (dus zonder bijdrage van reflectie tegen een achterliggende gevel) bepaald. Als het beoordelingspunt direct vóór een gevel is gesitueerd, wordt op het gestandaardiseerde immissieniveau (L_i) een gevelcorrectieterm C_g van 3 dB in mindering gebracht om het invallende geluid te bepalen.

5.4.2 Bepaling jaargemiddeld beoordelingsniveau $L_{Ar, JM}$

Bij de bepaling van het geluid van een industrieterrein worden in beginsel geen toeslagen voor impulsachtig, tonaal of muziekgeluid toegepast. Het jaargemiddeld deelbeoordelingsniveau per bedrijfstoestand ($L_{Ari, JM}$) is dan gelijk aan het jaargemiddeld deelgeluidsniveau ($L_{Aeqi, JM}$). Het totale jaargemiddelde beoordelingsniveau ($L_{Ar, JM}$) wordt vervolgens berekend volgens de formule 5.5.

In de specifieke situaties die nader zijn aangeduid in paragraaf 5.3 waarbij wel een toeslag vanwege bijzondere geluiden wordt toegepast op het geluid door een industrieterrein, wordt op het jaargemiddeld deelgeluidsniveau van de betreffende bedrijfstoestand tijdens welke dit specifieke karakter optreedt een toeslag berekend van:

- Tonaal: $K_1 = 5$ dB
- Impuls: $K_2 = 5$ dB
- Muziek: $K_3 = 10$ dB

Per bedrijfstoestand wordt ten hoogste één toeslag in rekening gebracht.

Het jaargemiddelde deelbeoordelingsniveau per bedrijfstoestand ($L_{Ari, JM}$) wordt voor elke afzonderlijke beoordelingsperiode bepaald volgens de formule:

$$L_{Ari, JM} = L_{Aeqi, JM} + K_x L_{Ari, LT} = L_{Aeqi, LT} + K_x \quad (5.4)$$

Hierin komt K_x overeen met K_1 , K_2 of K_3 .

Het jaargemiddelde beoordelingsniveau $L_{Ar, JM}$ wordt voor elke beoordelingsperiode bepaald uit de energetische sommatie van de jaargemiddelde deelbeoordelingsniveaus volgens de formule:

$$L_{Ar, JM} = 10 \log \sum 10^{\frac{L_{Ari, JM}}{10}} \quad (5.5)$$

5.4.3 Bepaling beoordelingsniveau L_{den} en L_{night}

Het geluid van een industrieterrein wordt beoordeeld op basis van een L_{den} en een L_{night} . Het jaargemiddeld beoordelingsniveau $L_{Ar, JM}$ wordt voor de verschillende beoordelingsperioden vastgesteld:

- Dagperiode : $L_{day} = L_{Ar, JM}$ (07.00-19.00 uur);
- Avondperiode: $L_{evening} = L_{Ar, JM}$ (19.00-23.00 uur);
- Nachtperiode: $L_{night} = L_{Ar, JM}$ (23.00-07.00 uur).

De L_{den} wordt bepaald uit de energetische sommatie van de jaargemiddelde beoordelingsniveaus voor de verschillende beoordelingsperioden waarbij de $L_{evening}$ en de L_{night} worden vermeerderd met een toeslag van respectievelijk 5 en 10 dB:

$$L_{den} = 10 \log \frac{12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night}+10}{10}}}{24} \quad (5.6)$$

6 Toelichting

6.1 Lijst van symbolen

Symbol	Eenheid	Omschrijving
β	°	Hoek tussen de normaal op het uitstralende oppervlak en de denkbeeldige lijn met het immissiepunt
E_h/E_v	m	Horizontale of verticale omweg om scherm
θ	°	Hoek tussen de 0° richting en de richting waarbij de gevoeligheid van een richtmicrofoon met 3 dB is teruggevallen
λ	m	Golflengte
ρ	-	Reflectiecoëfficiënt voor de geluidenergie
σ	-	Stralingsfactor of afstraalgraad
σ_n	-	Standaarddeviatie van het gemiddelde

Symbool	Eenheid	Omschrijving
Ψ	°	Hoek waaronder het brongebied vanuit de waarnemer wordt gezien
φ	°	Windhoek
$\varphi_{\max}$	°	Maximale windhoek
Ω	steradianen	Ruimtehoek
a_{lu}	dB/m	Frequentie-afhankelijke dempingsfactor voor de luchtabSORPTIE
B	-	Bodemfactor
B_b	-	Bodemfactor van het brongebied
B_m	-	Bodemfactor van het middengebied
B_o	-	Bodemfactor van het ontvangergebied
C_b	dB	Bedrijfsduurcorrectieterm per beoordelingsperiode
C_d	dB	Diffusiteitscorrectie
C_g	dB	Gevelreflectieterm
C_m	dB	Meteocorrectieterm
C_{alt}	dB	Correctieterm voor de meetafstand bij extrapolaties
C_{stoor}	dB	Stoorgeluidcorrectie
d	m	Bron- of brongebieddiameter
$d_{k,k+1}$	m	Afstand tussen punten gelegen op een meetlijn
d_{ref}	dB	Diameter van het referentielichaam bij een lijnbron
d_z	m	Afstand tussen zwaailijnen
D_{xxx}	dB	Symbool voor verzwakkingsterm, voorzien van diverse indices, in het overdrachtsmodel
DI	m	Richtingsindex (directivity index)
ΔD	dB	Top hoek correctieterm
f	Hz	Frequentie
f_{onder}	Hz	Middenfrequentie van de laagste tertsbands in de aangegeven octaafband
f_{midden}	Hz	Middenfrequentie van de middelste tertsbands in de aangegeven octaafband octaafband
f_{boven}	Hz	Middenfrequentie van de hoogste tertsbands in de aangegeven octaafband
h_b	m	Bronhoogte ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_{br}	m	Bronhoogte ten opzichte van referentievlak
h_e	m	Effectieve schermhoogte
h_m	m	Hoogte van meetpunt ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_{ma}	m	Hoogte maaiveld ten opzichte van referentievlak
h_o	m	Beoordelingshoogte ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_{sr}	m	Hoogte van het scherm ten opzichte van referentievlak
I	-	Immissiepunt
I_s	W/m ²	Intensiteitsvector op oppervlak S
K_x $x = 1, 2 \text{ of } 3$ Respectievelijk K_1, K_2 en K_3	dB	Toeslagen voor tonaal ($x = 1$), impulsachtig ($x = 2$) en muziekgeluid ($x = 3$)

Symbool	Eenheid	Omschrijving
K_4	dB	Correctiefactor voor bodeminvloed
l	m	Lengte van een lijnbron of meetlijn
$L_{Aeq,i, JM}$	dB(A)	Jaartijdgemiddeld deelgeluidniveau
$L_{Aeq,i, LT}$	dB(A)	Langtijdgemiddeld deelgeluidniveau
L_{Amax}	dB(A)	Maximale A-gewogen geluidniveau
$L_{Ari, JM}$	dB(A)	Jaargemiddeld deelbeoordelingsniveau
$L_{Ari, LT}$	dB(A)	Langtijdgemiddeld deelbeoordelingsniveau
$L_{Ar, JM}$	dB(A)	Jaargemiddeld beoordelingsniveau
$L_{Ar, LT}$	dB(A)	Langtijdgemiddeld beoordelingsniveau
$L_{Aeq, T}$	dB(A)	A-gewogen equivalent geluidniveau ten opzichte van een referentiedruk van 20 μ Pa over de periode T
L_{dag} / L_{avond} L_{nacht} / L_{etmaal}	dB(A)	Beoordelingsniveau $L_{Ar, LT}$ voor respectievelijk de dag-, avond-, nachtperiode en etmaal
$L_{day} / L_{evening}$ L_{night} / L_{den}	dB	Beoordelingsniveau $L_{Ar, JM}$ voor respectievelijk de dag-, avond-, nachtperiode en etmaal
$L_{eq, T}$	dB	Equivalent geluid(druk)niveau ten opzichte van een referentiedruk van 20 μ Pa over de periode T
L_i	dB/dB(A)	Gestandaardiseerd immissieniveau
L_i^*	dB/dB(A)	Het niet voor stoorgeluid gecorrigeerde gestandaardiseerd immissieniveau
$L_{i, alt}$	dB/dB(A)	Gestandaardiseerd immissieniveau op het alternatief punt
L_k	dB/dB(A)	Geluid(druk)niveau op punt k gelegen op een meetlijn bij rondommethode
$L_{nT,i}$	dB	Gestandaardiseerd op nagalmtijd genormeerd immissieniveau (binnengeluidniveau)
L_p	dB/dB(A)	Geluid(druk)niveau op de denkbeeldige meetlijn
$<L_{SA}>$	dB/dB(A)	Geluid(druk)niveau op het denkbeeldige meetvlak
L_{stoor}	dB/dB(A)	Geluid(druk)niveau van het stoorgeluid
L_v	dB/dB(A)	Snelheidsniveau
L_W	dB/dB(A)	Geluidvermoggenniveau van de bron
L_{WR}	dB/dB(A)	Immissierelevante geluidvermogen
ΔL_a	dB	LuchtabSORPTIETERM bij rondommethode
ΔL_F	dB	Nabijheidsveldcorrectieterm bij rondom- en aangepast meetvlak-methode
ΔL_M	dB	Richtmicrofooncorrectieterm bij rondommethode
ΔL_S	dB	Term die het uitstralende oppervlak in rekening brengt
n	-	Normaalvector op oppervlak S
N	-	Aantal meetpunten of metingen
N_x	-	Fresnelgetal
$P_A(t)$	dB(A)	A-gewogen momentaan geluiddruk
P_o	dB	Referentiedruk van 20 μ Pa
Q	-	Verhouding tussen oppervlak referentievlak meetvlak
r_{bm}	m	Afstand tussen bron en het midden van cilinder m

Symbool	Eenheid	Omschrijving
r_{br}	m	Afstand tussen bron en reflecterend object
r_{geb}	m	Horizontale afstand van een lijn tussen bron en immissiepunt dat boven een gebouw ligt
r_i	m	Afstand tussen broncentrum en immissiepunt. Deze afstand is de lengte van de rechte verbindinglijn tussen broncentrum en immissiepunt, en dus niet een projectie van die lijn op het horizontale vlak. Het immissiepunt (de 'ontvanger') kan een beoordelingspunt of een meetpunt zijn.
r_{im}	m	Afstand tussen immissiepunt en het midden van cilinder m
r_r	m	Afstand van broncentrum via de spiegelbeeldig reflecterende bodem naar het immissiepunt
r_{alt}	m	Afstand tussen broncentrum en alternatief punt
r_{or}	m	Afstand tussen immissiepunt en reflecterend object
r_t	m	Lengte van het deel van de geluidstraal dat door 'open' installaties heen gaat
R	m	Afstand tussen bron en meetpunt ten behoeve van geluidvermogenbepaling
R_i	dB	Geluidisolatie van wanddeel i
R_m	m	Gemiddelde afstand tussen het bron(terrein) en de meetlijn
S_m	m ²	Oppervlak van het meetvlak bij aangepast meetvlakmethode of het door de meetlijn omsloten grondoppervlak bij de rondommethode
S_p	m ²	Oppervlak van het bronterrein
S_{ref}	m ²	Oppervlak van het referentielichaam
S_k	m ²	Oppervlak van deelvlak k
S_i	m ²	Oppervlak van wanddeel i
S_l, sr	m	Horizontale afmeting van afscherming dwars op de lijn van bron naar immissiepunt
$t(f)$	-	Factor voor de geluidverzwakking door industrieterreinen
T_0	s	Referentienagalmtijd (0,5 of 0,8 s)
T_b	uren	Bedrijfsperiode
T_i	s	Rekenkundig gemiddelde nagalmtijd
$T_{i,j}$	s	Gemeten nagalmtijd
T_m	minuten	Meetperiode
T_o	uren	Beoordelingsperiode
U_x	m/s	Windsnelheid op x m hoogte
$v(t)$	m/s	Snelheid als functie van de tijd
v_0	m/s	Referentiesnelheid (10^{-9} m/s)
W_0	W	Referentie geluidvermogen (10^{-12} W)
W	W	Geluidvermogen van een bron

6.2 Isolatiewaarden

Enkele globale waarden voor de luchtgeluidsisolatie van diverse materialen en constructies, zoals deze door metingen zijn bepaald, worden gegeven in onderstaande tabellen. Hierbij wordt benadrukt dat bij deze waarden wordt uitgegaan van akoestisch goede randaansluitingen en afwezigheid van kieren.

Tabel 6.1 Isolatiewaarden van materialen

Materiaal, omschrijving		Dikt e in mm	Oppervl akte ma ssa in kg/m²	R _i per octaafband in dB					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
Hout									
H1	Triplex	4	3,5	3	9	12	18	26	29
H2	Spaanplaat (zwaar), multiplex, meubelplaat	ca. 15	12	15	20	24	27	25	29
H3	Duims vurenhout	25	16	17	23	28	25	30	36
Steenachtige materialen									
S1	Drijfsteen, 1/2 steens, 2-zijdig stuc ¹	110	110	28	32	33	36	45	50
S2	Drijfsteen, 1/1 steens, 2-zijdig stuc ¹	200	210	31	34	37	45	52	55
S3	Kalkzandsteen, boerengrauw, e.d.: 1/2 steens, 2- zijdig stuc	120	210	31	35	40	46	55	55
S4	als S3, 1/1 steens, 2-zijdig stuc	240	420	35	38	45	52	55	55
S5	Betonstenen (licht poreus), ongestuct	100	180	25	27	25	26	30	40
S6	als S5, gestuct	120	220	32	36	38	47	54	55
Beton									
B1	Grindbeton, massief 8 cm	80	180	30	33	35	45	52	55
B2	Grindbeton, massief 15 cm	150	350	33	37	45	54	55	55
B3	Gasbeton, massief 9 cm	90	75	25	30	30	32	37	45
B4	Gasbeton, massief 15 cm	150	120	30	30	32	37	45	50
Metaal									
M1	Aluminium, vlakke plaat, dikte 4 mm	4	11	12	17	23	28	29	25
M2	Staal, vlakke plaat, dikte 1 mm	1	8	11	17	22	27	33	40
M3	Staal, vlakke plaat, dikte 3 mm	3	24	19	24	30	36	40	32
M4	Staal, geprofileerd, dikte 0,7 mm	40	7	10	16	19	21	24	26
M5	Staal, geprofileerd, dikte 1 mm	45	11	14	16	20	25	29	23
Glas									
G1	4 mm	4	10	19	23	26	30	32	28

G2	8 mm	8	20	23	26	30	32	28	38
G3	4 mm glas, 12 mm spouw, 6 mm glas	22	25	22	21	29	37	37	37
G4	6 mm glas, 12 mm spouw, 6 mm glas	24	30	23	20	31	36	31	37
G5	8 mm glas, 12 mm spouw, 5 mm glas	25	33	24	22	31	36	36	38
G6	4 mm glas, 50 mm spouw, 8 mm glas	62	30	20	30	38	43	43	44
G7	6 mm glas, 75 mm spouw, 6 mm glas	87	30	26	33	41	46	41	47
Diversen									
D1	Asbestcement, vlak ²	6	10	19	25	31	36	39	-
D2	Asbestcement, gegolfd ²	6,5	14	23	27	26	27	31	-
D3	Polyester dakplaten, gegolfd, licht doorlatend	3	(3)	(4)	(5)	(8)	(11)	-	-
D4	Slagvast kunststof (toepassing bijv. lichtstraten)	4,5	5	9	15	21	27	33	39
D5	Openingen (d > l/2)	-	0	0	0	0	0	0	0

¹ Dit materiaal wordt alleen nog aangetroffen in bestaande gebouwen en wordt niet meer toegepast bij nieuwbouw.

² Asbestcement komt nog vrij veel voor, doch mag niet meer worden toegepast in de bouw en is vervangen door een asbestvrije variant. Dit materiaal heeft vergelijkbare isolatiewaarden als asbestcement.

Tabel 6.2 Isolatiewaarden van (samengestelde) constructies

Materiaal, omschrijving		Oppervlakte massa in kg/m²	R _i per octaafband in dB					
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
Metselwerk								
MW 1	Steenachtige spouwmuur met minerale wol in spouw	400	41	46	52	59	64	64
MW 2	1/2-steens buitenspouwblad, isolatie, binnenspouwblad van gasbeton (d=100 mm, 650 kg/m³)	275	38	39	39	46	55	55

MW 3	Glazen bouwstenen (d=80 mm)	200	26	32	38	48	38	38
<i>Gevelconstructies</i>								
GC1	Staal geprofileerd (d=0,7 mm), spouw geheel gevuld met minerale wol (d=90 mm, 40 kg/m ³), staal (d=1,0 mm)	19	18	27	37	40	42	45
GC2	Staal geprofileerd (d=0,7 mm), spouw geheel gevuld met minerale wol (d=90 mm), staal geperforeerd 11 % (d= 0,7 mm)	16	13	18	29	35	37	40
GC3	Staal geprofileerd (d=0,7 mm), spouw (d=90 mm) gedeeltelijk gevuld met minerale wo l (d=70 m m), staal geperforeerd 11% (d=0,7 mm)	16	15	20	31	37	37	40
GC4	idem, staal gesloten	17	17	29	39	42	42	45
GC5	Aluminium geprofileerd (d=0,7 mm), spouw geheel gevuld met minerale wol (d=90 mm, 40 kg/m ³), staal (d=1,0 mm)	15	16	26	35	40	42	45
GC6	Aluminium geprofileerd (d=0,7 mm), spouw geheel gevuld met minerale wol (d=90 mm,16 kg/m ³), staal (d=1,0 mm)	13	17	27	35	39	42	45
GC7	Stijf sandwichpaneel, kern van minerale wol (d=50-85 mm, 150 kg/m ³)	20	23	22	17	33	43	> 43
GC8	Stijf sandwichpaneel, kern van PS-schuim (d=50-65 mm)	20	22	26	30	24	37	> 37
GC9	Stijf sandwichpaneel, kern van PUR-schuim (d=45-75 mm)	20	22	26	30	31	26	> 30
<i>Dakconstructies</i>								
DS1	Staal geprofileerd (d=0,7 mm), minerale wol (d=60 mm, 10,5 kg/m ²), dakleer 1-laags (vastgebrand)	24	21	27	34	37	44	55
DS2	Staal geprofileerd, perforatiegraad 10%	21	14	17	25	38	46	56

	(d=0,7 mm), minerale wol (d=60 mm, 10,5 kg/m ²), dakleer 1-laags (vastgebrand)							
DS3	Houtvezelbetonplaat met 30 mm ballastgrind		28	29	40	42	47	55
DS4	Houten dakbeschot met isolatie (schuim) en 30 mm ballastgrind		21	27	27	29	34	40

Bij de bovengenoemde waarden van dakconstructies met geprofileerde beplating is uitgegaan van cannelures die op een adequate wijze zijn gedicht bij de aansluiting op wanden of gevels.

Naast de in tabel 6.1 en tabel 6.2 opgenomen isolatiewaarden van materialen en constructies kan verwezen worden naar de literatuur. In dit kader kunnen genoemd worden:

- 'Herziene rekenmethode geluidswering gevels' d.d. december 1989 van het ministerie van VROM.
- 'Rekenmethode GGG 97 voor het berekenen van de geluidswering van gevels' d.d. 15 mei 1997 van IW B (Intergemeentelijke werkgroep bouwfysica van grote gemeenten).

6.3 Belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de Handleiding meten en rekenen industrielawaai

De meet- en rekenmethode geluid industrie is gebaseerd op de Handleiding meten en rekenen industrielawaai 1999 (heruitgave 2010, uitgever Berghauser Pont Publishing, ISBN: 978-90-73875-95-1). Ten opzichte van deze Handleiding (hierna te noemen: HMRI) zijn de volgende belangrijkste wijzigingen doorgevoerd:

- Gewijzigde indeling en opzet. De meet- en rekenmethode geluid industrie kent thans een indeling waarbij in hoofdstuk 1 de methode I en II qua toepassingsgebied worden toegelicht. In hoofdstuk 2 worden voor zowel methode I als II alle meetmethoden en vaststellingsmethoden van geluidvermogens behandeld. In hoofdstuk 3 worden alle geluidoverdrachtsmethoden behandeld. Hoofdstuk 4 behandelt de bepaling van de beoordelingsgrootheden voor het geluid van activiteiten gebaseerd op representatieve bedrijfssituaties (RBS) en uitzonderlijke bedrijfssituaties (UBS). Hoofdstuk 5 behandelt de bepaling van de beoordelingsgrootheden voor het geluid van industrieterrein, waarbij wordt uitgegaan van een jaargemiddelde bedrijfssituatie. Hierbij worden nieuwe beoordelingsgrootheden L_{den} en L_{night} geïntroduceerd.
- Daarnaast zijn diverse tekstuele wijzigingen doorgevoerd en zijn foutieve verwijzingen binnen de HMRI verbeterd.
- Controle en verbeteringen op actualiteit van externe verwijzingen naar norm, wet- en regelgeving. Ook zijn alle beleidsmatige overwegingen verwijderd.
- Aanpassing van HMRI formule 4.28: $B_b = (1 - r_{geb}/r_i)$ waarin ten onrechte bodemfactor B ontbrak.
- Definitie van bronhoogte voor geluidbronnen op een gebouw is verduidelijkt.
- De definitie van r_i (afstand tussen broncentrum en immissiepunt) is verbeterd.
- In de HMRI was niet aangegeven hoe om te gaan met meervoudige reflecties. Hierin is nu voorzien.
- LuchtabSORPTIECOëfficiënt in de 200 Hz tertsbands was in de HMRI abusievelijk aangegeven als 7,6.10⁻³, dit is gewijzigd in 7,6.10⁻⁴.
- De beschrijvingen van f_{onder} , f_{midden} en f_{boven} zijn aangepast.
- Nuancering in de beschrijving van de bodemtypen.
- Het gebruik van ISO 1996-2:2017 bijlage J voor het bepalen van tonaliteit.
- Aanpassing het bodemeffect in situatie waarbij de bron en ontvanger zich op relatief korte afstand van elkaar bevinden ten opzichte van de bronhoogte en ontvangerhoogte.
- Verduidelijking van de begrenzing van D_{scherm} in situaties met twee of meer schermen.

6.4 Nadere toelichting hoofdstuk 2

In hoofdstuk 2 worden zowel geluidimmissie- als geluidemissiemetingen beschreven.

Stoorgeluid

Bij geluidmetingen is het voorkomen stoorgeluid of het corrigeren voor stoorgeluid altijd van groot belang. Stoorgeluid is al het geluid, dat niet van de te onderzoeken bron afkomstig is. Het geluid van de te onderzoeken bron wordt signaal genoemd. De sterkte van het stoorgeluid bepaalt mede de toe te passen methode. Stoorgeluid kan namelijk het met en op kortere afstand van de bron noodzakelijk maken. Geluid van een (deel)bron is immers alleen te bepalen als zó dicht bij de (deel)bron wordt gemeten, dat het signaal het stoorgeluid afkomstig van de andere (deel)bronnen overheerst. Als lage geluidniveaus worden gemeten (30-50 dB(A)) is ook stoorgeluid veroorzaakt door de wind van belang: direct door windruis op het microfoonkapsel, indirect door het ruisen van bomen en dergelijke. Vooral als het signaal in enkele octaafbanden is geconcentreerd, kan, hoewel dit signaal goed hoorbaar is, het geluidniveau in dB(A) toch mede bepaald worden door wind. Daarnaast kunnen geluiden van natuurlijke oorsprong in een octaafband aan zienlijke stoorniveaus opleveren (vogelgetsjilp: 4 kHz).

De bijdrage van het stoorgeluid is en blijft een onzekere factor. Daarom is het vereist de meetmethode en de meetcondities zo te kiezen, dat de invloed van het stoorgeluid minimaal is. Bij alle metingen moet het stoorgeluid kwalitatief worden beoordeeld.

Geluidemissiemethode

Voor de bepaling van de geluidemissie is alleen het geluid van belang dat door de bron in de richting van het immissiepunt wordt uitgestraald. Dit wordt aangeduid met het begrip immissierelevante geluidvermogen. Waar in het vervolg in deze meet- en rekenmethode geluid industrie gesproken wordt over geluidvermogen, wordt daarmee steeds de immissierelevante geluidvermogen bedoeld. Dit geluidvermogen kan in volgorde van afnemende nauwkeurigheid worden bepaald uit:

- metingen in de betreffende situatie;
- metingen aan vergelijkbare installaties elders;
- karakteristieke gegevens van bepaalde typen installaties in combinatie met empirische formules;
- kengetallen die voor globale planologie worden gebruikt.

Hoofdstuk 2 richt zich vooral op de eerste en, in prognose-situaties, op de tweede categorie. De emissiemethoden zijn in een vijftal submethoden onderverdeeld:

Geconcentreerde bronmethode

Er is sprake van een geconcentreerde bron als de afstand R waar op gemeten wordt, groot is ten opzichte van de grootste afmeting, d , van de bron. In de meet- en rekenmethode geluid industrie wordt als criterium aangehouden dat $R > 1,5 d$. Als aan deze voorwaarde is voldaan, kan uit een meting op één positie de immissierelevante geluidvermogen in de richting van die positie worden bepaald. Fouten ten gevolge van het geometrische nabijheidsveld en het akoestische nabijheidsveld spelen bij deze methode in de praktijk geen rol van betekenis.

Als deze emissiemethode kan worden toegepast zonder dat stoorgeluiden de metingen beïnvloeden, heeft deze methode de voorkeur boven de andere emissiemethoden omdat deze eenvoudig en het meest nauwkeurig is.

Aangepast meetvlakmethode

Bij deze methode worden metingen verricht op een groot aantal posities, gelegen op een omhullend meetvlak dat aangepast is aan de vorm van de geluidbron. De afstand tot de bron bedraagt een halve tot enkele meters bij geluiduitstralende objecten. Bij openingen kan tot in het vlak van de opening worden gemeten, tenzij relatief hoge luchtstroomsnelheden in de opening optreden, die de geluidmeting verstoren.

Uit de grootte van het oppervlak van het aangepaste meetvlak en de gemeten niveaus kan het geluidvermogen worden bepaald. Soms kan met behulp van aannamen op basis van het type geluidbron een indicatie over de richtingsafhankelijkheid van de geluiduitstraling worden verkregen. Het grote voordeel van deze methode is dat in een situatie waarin de bronnen dicht bij elkaar staan de afzonderlijke geluidvermogens van deelbronnen kunnen worden bepaald. Vooral bij het treffen van maatregelen zal daarom deze methode worden toegepast.

Toegepast op relatief grote installaties is deze methode veel bewerkelijker dan de rondommethode. Voor fouten ten gevolge van het geometrisch nabijheidsveld wordt voor een deel gecorrigeerd. Op een afstand van circa 1 m of meer zijn de fouten ten gevolge van het akoestische nabijheidsveld veelal verwaarloosbaar.

De mogelijke invloed van stoorgeluid is bij deze metingen tot een minimum teruggebracht doch de nauwkeurigheid wordt beperkt door de onzekerheid over de richtingskarakteristiek van de bronnen.

Rondommethode (alleen methode II)

De rondommethode heeft als kenmerk dat de geluidvermogen wordt afgeleid uit geluidniveaus die op een voorgeschreven aantal posities op een voorgeschreven meetlijn rondom de bron zijn gemeten waarbij de meetpunten relatief dicht bij de bron liggen.

Met de rondommethode kan alleen een over de horizontale richtingen gemiddelde geluidvermogen worden afgeleid.

Alleen met behulp van aannamen over de positie van de belangrijkste bronnen kan enige richtingsinformatie worden verkregen. In het algemeen zal echter geen informatie over de richtingsafhankelijkheid van de geluiduitstraling in het horizontale vlak beschikbaar komen. Het geluid dat naar boven wordt uitgestraald en dus geen bijdrage geeft tot de geluidimmissie, blijft bij deze methode buiten beschouwing.

De rondommethode is daarom geschikt voor geluidbronnen die:

- in horizontale richting veel uitgestrekter zijn dan in verticale richting;
- zelf niet gericht uitstralen of opgesteld staan in een omgeving met veel geluidreflecterende en -verstrooiende objecten.

Door de geometrie die bij de rondommethode is vereist, is het akoestische nabijheidsveld niet van belang. Het effect van het geometrische nabijheidsveld is in de methode verwerkt.

De nauwkeurigheid van de methode hangt sterk van de situatie af. Een voordeel van deze meetmethode is dat de onderlinge afscherming op het fabrieksterrein in de geluidvermogen kan worden verwerkt.

Intensiteitsmetingen (alleen methode II)

Bij deze methode wordt met behulp van een speciale intensiteitsmeetprobe de geluidintensiteit bepaald die door een omsloten oppervlak rond een geluidbron stroomt. Uit het product van intensiteit en oppervlak is het geluidvermogen van de bron te bepalen. Deze methode leent zich goed bij situaties met stoorgeluid, doch vereist bijzondere deskundigheid.

Snelheidsmetingen (alleen methode II)

Van bepaalde (delen van) constructies of machines kan het geluidvermogen afgeleid worden uit de door snelheidsmetingen (ook wel trillingmetingen genoemd) vast te stellen snelheidsniveaus, de oppervlakte van de betreffende geluidafstralende onderdelen en de afstralgraad. De afstralgraad is de verhouding tussen de trillingenergie van een object en de daardoor afgestraalde geluidenergie. De mate van nauwkeurigheid is sterk afhankelijk van de betrouwbaarheid van de afstralgraad.

Welke emissiemeetmethode ook wordt gekozen het verdient de voorkeur om een situatie met behulp van verschillende metingen best-vast te stellen, zodat metingen met elkaar vergeleken kunnen worden en tot een nauwkeurige analyse gekomen kan worden van de situatie.

Het zal bij vele metingen niet te voorkomen zijn dat in bepaalde frequentiebanden stoorgeluid optreedt. Als voorbeeld hiervan kunnen windturbulenties genoemd worden. In de praktijk bepalen windturbulenties in de lage frequenties nog wel eens de meetwaarde.

Omdat de keuze van het meetpunt betrekkelijk vrij is, moet er zorg voor worden gedragen dat stoorgeluidcorrecties die invloed hebben op het A-gewogen geluidniveau zo min mogelijk voorkomen. Hierbij moet ook rekening worden gehouden met de te berekenen geluidniveaus op grotere afstand. Door het effect van luchtabsorptie in het midden- en hoogfrequente gebied neemt het belang van de laagfrequente componenten op grote afstand toe.

In literatuur [L.4], [L.5] en [L.6] wordt ingegaan op specifieke aspecten bij het verrichten en analyseren van snelheidsmetingen.

6.5 Nadere toelichting hoofdstuk 3

De geluidoverdracht wordt in het algemeen door middel van berekeningen bepaald. Een overdrachtsberekening bevat elementen die altijd optreden, zoals verzwakking door geometrische uitbreiding en luchtabsorptie, en elementen die sterk van de situatie afhangen zoals bodemeffecten, afscherming, enzovoort. Bij complexe overdrachtssituaties is vooral de invloed van deze laatste elementen belangrijk maar vaak ook moeilijk te berekenen.

In een groot aantal situaties zal een voldoende nauwkeurige berekening kunnen worden uitgevoerd met het overdrachtsmodel van methode I, dat wil zeggen als de bron-ontvangerafstand klein is en geen afscherming optreedt.

Het overdrachtsmodel van methode I kan ook toegepast worden voor een eenvoudige situatie met afscherming. De rekenresultaten zijn evenwel indicatief en conservatief, en kunnen afwijken van de resultaten die met methode II gevonden zouden worden. In complexe situaties waarbij ingewikkelde en/of meervoudige afschermingen en reflecties een rol spelen, zullen de verzwakkingen met methode I niet nauwkeurig berekend kunnen worden. Het overdrachtsmodel van de specialistische methode II kan dan worden gebruikt.

De geluidniveaus berekend met het overdrachtsmodel van methode II zijn meestal nagenoeg gelijk met de geluidniveaus die volgen uit de berekeningen met het overdrachtsmodel van methode I, mits laatstgenoemde methode onder de gestelde randvoorwaarden wordt toegepast.

Methode I kan niet worden toegepast voor de vaststelling van geluid ten gevolge van industrieterreinen waar geluidproductieplafonds gelden, maar binnen de daarvoor geldende randvoorwaarden wel voor het indicatief vaststellen of een activiteit op een dergelijk industrieterrein inpasbaar is binnen het geluidproductieplafond.

De nauwkeurigheid van toepassing van de methode voor het berekenen van lage schermen wordt beperkt door reflecties in het bron- of immissiegebied. Ook voor hoog gelegen schermen en grote afstanden tussen bron en immissiepunt neemt de betrouwbaarheid van de methode zoals omschreven in paragraaf 3.2.3.4 af ten gevolge van atmosferische invloeden. Spreidingen van + 5 dB in het niveau kunnen optreden. In uiterst kritische situaties kan het gewenst zijn de resultaten te verifiëren met behulp van daarvoor meer geëigende overdrachtsrekenmodellen zoals het golffrontextrapolatiemodel. Deze modellen zijn echter niet eenvoudig toepasbaar en vragen veelal lange rekentijden en zijn niet algemeen toegankelijk.

6.6 Nadere toelichting hoofdstuk 4

Het geluid van activiteiten, niet zijnde het geluid van een industrieterrein, moet worden beoordeeld op basis van een langtijdgemiddeld beoordelingsniveau ($L_{A,T,LT}$). Het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau wordt vastgesteld op basis van een representatieve bedrijfssituatie (RBS) van een activiteit. Dit is de gangbaar maximale bedrijfssituatie van een activiteit. Alleen uitzonderlijke bedrijfssituaties die beperkt voorkomen kunnen bij de representatieve bedrijfssituatie buiten

beschouwing worden gelaten. Voor de uitzonderlijke bedrijfssituaties (UBS) van een activiteit kan afzonderlijk het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau ($L_{A,T}$) worden bepaald en worden getoetst aan (afwijkende) grenswaarden. Onder de Wet milieubeheer waren er onder andere incidentele bedrijfssituaties, regelmatige afwijkingen van de representatieve bedrijfssituatie en evenementen. Al deze bedrijfssituaties vallen nu onder de uitzonderlijke bedrijfssituatie (UBS).

Deze systematiek komt in belangrijke mate overeen met de HMRI. Ten opzichte van de oude HMRI is voor de bepaling van een toeslag vanwege tonaal geluid (K_1) de mogelijkheid gegeven om gebruik te maken van ISO 1996-2:2017 bijlage J. In het verleden heeft het wel of niet toepassen van de toeslag vanwege tonaal geluid voor veel discussie gezorgd. Met behulp van ISO 1996-2:2017 bijlage J kan op kwantitatieve wijze de mate van tonaliteit worden vastgesteld. Deze mate van tonaliteit wordt uitgedrukt middels de grootheid K_t . Alleen bij een K_t van 5 of meer kan de toeslag K_1 van 5 dB worden toegepast bij de bepaling van het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau.

6.7 Nadere toelichting hoofdstuk 5

Het geluid door een industrieterrein wordt beoordeeld op basis van een jaargemiddelde geluidbelasting. Deze geluidbelasting wordt uitgedrukt in een L_{den} en een L_{night} . Voor alle activiteiten die op het industrieterrein worden uitgevoerd, behoudens enkele in paragraaf 5.2 genoemde activiteiten, moet aldus de jaargemiddelde bedrijfssituatie worden vastgesteld.

Een jaargemiddelde bedrijfssituatie kan afwijken van een representatieve bedrijfssituatie. Echter als een vergunning is verleend voor een bepaalde activiteit zonder beperkingen qua aantal dagen per jaar en/of uitsluiting van specifieke weekdays dan is de jaargemiddelde bedrijfssituatie voor deze activiteit gelijk aan de representatieve bedrijfssituatie. Bij de vaststelling van jaargemiddelde bedrijfssituatie moeten tijdelijke verhogingen van het geluid zoals door het afblazen of affakkelen in de petrochemische industrie of andere uitzonderlijke activiteiten, worden meegenomen.

In de oude HMRI was uitdrukkelijk vermeld dat toeslagen voor bijzondere geluiden niet gebruikt moesten worden in het kader beoordeling van het geluid van gezoneerde industrieterreinen. Daarbij was opgemerkt dat bij de vergunningverlening aan bedrijven op het gezoneerde industrieterrein deze toeslag wel van toepassing was, waarbij het bevoegd gezag voor een zorgvuldige afstemming van zonering en vergunning zorg moet dragen. Dit heeft er in het verleden toe geleid dat in enkele specifieke situaties waarbij er sprake is van geluid met een tonaal karakter (bijvoorbeeld: een industrieterrein met een groot solitair transformatorstation of een industrieterrein dat bestaat uit een motorcrossterrein waar voornamelijk met tweetakt motoren wordt gereden) toch een toeslag voor tonaal geluid is toegepast bij de bepaling van het geluid door het gezoneerde industrieterrein. De reden hiervoor was dat het niet toepassen van een toeslag vanwege tonaal geluid bij tonale activiteiten tot een onderschatting zou leiden van de hinderbeleving bij bestaande en nieuwe geluidgevoelige bestemmingen en niet in lijn zou zijn met de beoordeling van tonale activiteiten buiten een industrieterrein.

In de nieuwe systematiek is dat ongewijzigd voortgezet en wordt de mogelijkheid geboden om voor voornoemde specifieke situaties een toeslag vanwege bijzondere geluiden te hanteren bij het bepalen van het geluid van een industrieterrein. In alle overige situaties moet de toeslag vanwege van bijzondere geluiden niet worden toegepast bij het bepalen van het geluid van een industrieterrein.

6.8 Literatuurlijst

- [L.1] NEN-EN-ISO 3382-2:2008 'Akoestiek - Meting van de ruimte akoestische parameters - Deel 2: Nagalmtijd in gewone ruimtes'

- [L.2] ISO 8297: 1994 'Acoustics B Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment - Engineering method'
- [L.3] ISO 9613-1: 1993 'Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere'
- [L.4] L. Cremer, M. Heckl en E. E. Ungar, 'Structure-Borne Sound', Springer Verlag 1973 Berlin, blz. 506 e.v.
- [L.5] H. F. Steenhoek, T. ten Wolde, 'The reciprocal measurements of mechanical- acoustical transfer functions', Acustica 23 (1970), 301
- [L.6] K. J. Buhlert en J. Feldmann, 'Ein Messverfahren zur Bestimmung von Körperschallanregung und -übertragung', Acustica 42 (1979) p. 108-113
- [L.7] Ir. M.L.S. Vercammen en ir. P.H. Heringa 'Berekening afstralgraad verschillende constructies' ICG rapport IL-HR-13-04,1989
- [L.8] Dr. Ing. A. von Meier en Dr. G.J. van Blokland, 'Uitbreiding van industriegeluid in woonwijken met betrekking tot sanering industrielawaai', ICG rapport GF-HR-01-03 (1989)
- [L.9] Ir. A. Moerkerken, 'Handleiding ter berekening van de geluidverzwakking in woonwijken in het kader van de sanering industrielawaai', ICG rapport GF-HR-01-05 (1989)
- [L.10] ISO 1996-2:2017 'Acoustics - Description and measurement of environmental noise - Part 2: Determination of sound pressure levels'

|

|

**BIJLAGE IVi BIJ DE ARTIKELN 3.28, ONDER A, 6.8, EERSTE LID, EN 8.25, EERSTE EN TWEEDE LID,
VAN DEZE REGELING (MEET- EN REKENMETHODE GELUID WINDTURBINES)**

1. Standaardmeetmethode

1.1. Principe van de meting

Het doel van de meting is het bepalen van het geluidvermogen per octaafband als functie van de windsnelheid op ashoogte. Om het jaargemiddelde geluidvermogen te bepalen moet de geluidemissie bij een uitgestrekt windsnelheidsgebied worden gemeten.

De geluidmetingen worden verricht in asrichting, benedenwinds van de turbine (referentierichting). In andere richtingen dan de referentierichting is de geluiduitstraling van windturbines doorgaans lager. Daarom wordt een (optionele) procedure geboden om een correctiefactor voor de richtwerking vast te stellen. Deze factor is relatief ten opzichte van het in referentierichting uitgestraalde geluidvermogen.

De windsnelheid op ashoogte wordt afgeleid uit het gemeten elektrisch vermogen van de turbine. Hierbij wordt gebruikgemaakt van de vermogenscurve van de turbine. Deze curve geeft de relatie tussen de windsnelheid op ashoogte en het opgewekte elektrische vermogen. Deze methode is nauwkeuriger dan het extrapoleren van de windsnelheid, gemeten op relatief lage hoogte (bijvoorbeeld 10 m).

De geluidmetingen worden verricht op betrekkelijk korte afstand van de turbine. Om verstoring met stromingsgeluid rond de microfoon en variërende bodemeffecten te voorkomen wordt de microfoon op een vlakke reflecterende plaat bevestigd, zodat er bij elke frequentie sprake is van drukverdubbeling en dus 6 dB toename van het geluidniveau.

De resultaten van de geluidmetingen worden aangevuld met meteorologische data en met gegevens die door de exploitant van de turbine moeten worden geleverd, zoals het opgewekte elektrische vermogen en de oriëntatie van de as van de turbine ten opzichte van de heersende windrichting.

1.2. Apparatuur

Bij de geluidmetingen wordt de volgende apparatuur gebruikt:

- a) Een rondomgevoelige microfoon met een diameter van ten hoogste 1,27cm.
- b) Een instrument waarmee de A-weging kan worden uitgevoerd.
- c) Een integrerende octaafbandanalysator.
- d) Een akoestische ijkbron, die geschikt is voor het gebruikte type microfoon.

- e) Een ronde geluidreflecterende plaat met een diameter van minstens 1 m, vervaardigd van akoestisch hard materiaal; bijvoorbeeld 12 mm multiplex.
- f) Een voorziening om windgeruis te onderdrukken zonder daarbij het resultaat te beïnvloeden; bijvoorbeeld de helft van een akoestische windbol.

De functionaliteit van de onder b) en c) genoemde instrumenten is meestal samengevoegd in één apparaat. De meetketen moet voldoen aan de relevante specificaties voor klasse 1 apparatuur van de NEN-EN-IEC 61672-1 en de octaafbandfilters aan NEN-EN-IEC 61260-1. De akoestische ijkbron voldoet aan de norm voor klasse 1 apparatuur conform NEN-EN-IEC 60942. De specificaties van de instrumentatie moeten minstens iedere twee jaar worden gecontroleerd.

De meteorologische toestand wordt als volgt geregistreerd:

- g) Windsnelheid met een nauwkeurigheid van 0,2 m/s bij windsnelheden van 1 tot 15 m/s.
- h) Windrichting met een nauwkeurigheid van 6°.
- i) Luchtdruk met een nauwkeurigheid van 1 kPa.
- j) Temperatuur met een nauwkeurigheid van 1°C.

1.3. Meetprocedure

1.3.1. Geluidmetingen

Meetposities en meetopstelling

Het geluidniveau van de turbine wordt op één verplichte positie en optioneel op 6 posities bepaald. De optionele meetpunten zijn gelijkmatig verdeeld over een cirkel met straal R_0 , zoals weergegeven in figuur 1.1 en 1.2. Hierbij stelt R_0 de horizontale afstand voor tussen het meetpunt en de verticale hartlijn van de turbinemast. Deze afstand is circa:

$$R_0 = H + D/2 \quad (1.1)$$

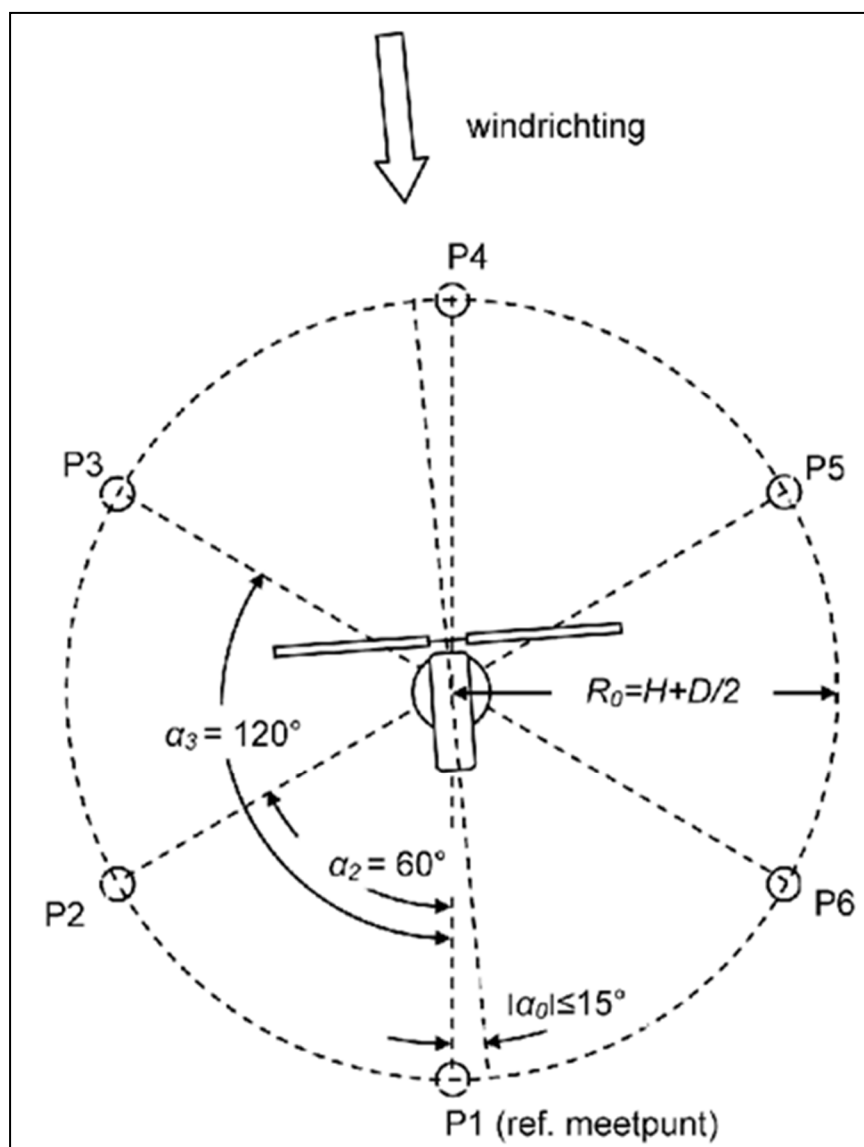
waarbij wordt verstaan onder:

H: de verticale afstand tussen het maaiveld en de ashoogte;

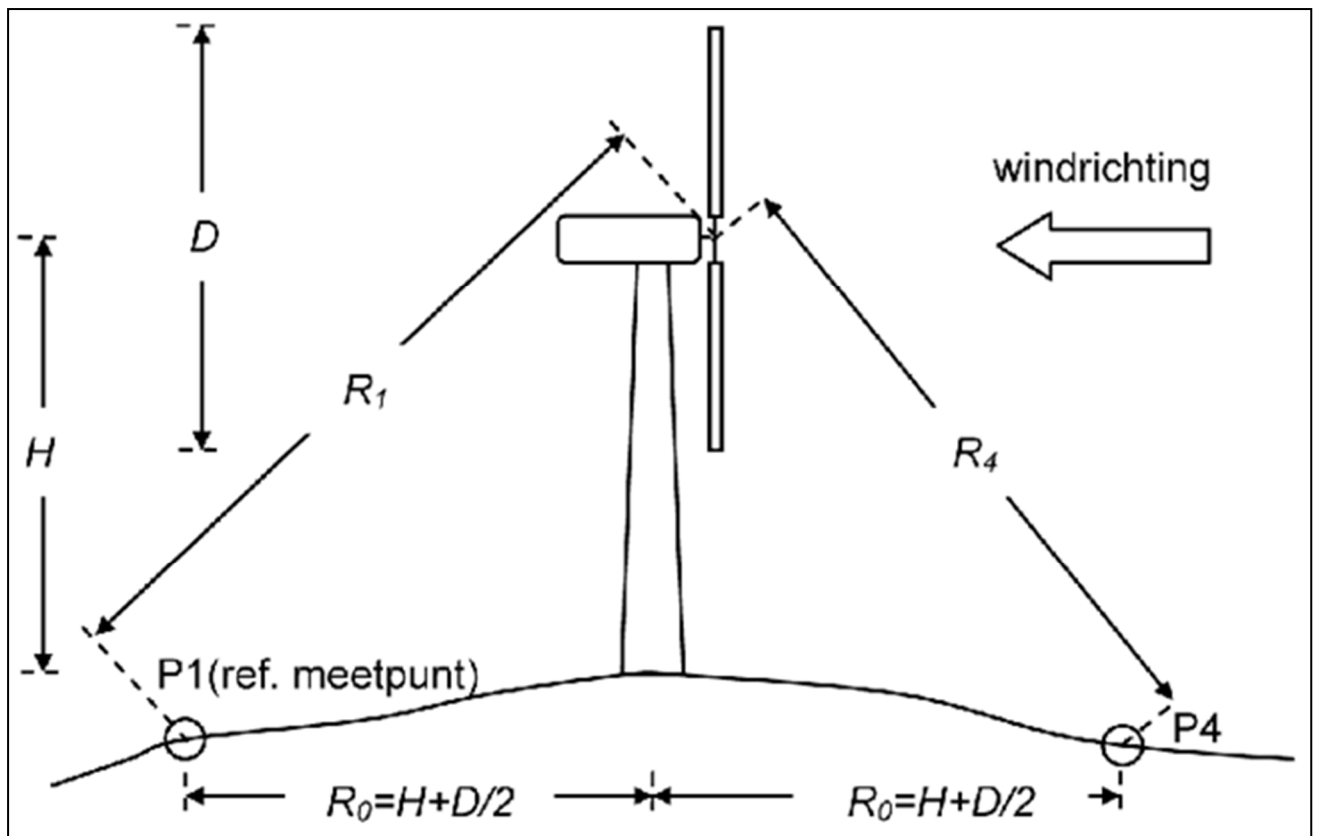
D: de diameter van de rotor.

Het verplichte referentiemeetpunt P1 bevindt zich benedenwinds van de windturbine en wordt gebruikt bij het bepalen van het geluidvermogen van de turbine. De meetpunten P2 t/m P6 worden gebruikt bij de vaststelling van de correctiefactor voor de richtwerking van de turbine (optioneel).

Tijdens de metingen moet de as van de rotor parallel zijn met de op ashoogte heersende windrichting. Verder mag de richting van de as P1–P4 niet meer dan $\pm 15^\circ$ afwijken van de heersende windrichting.



Figuur 1.1 Boven aanzicht van de geluidmeetposities.

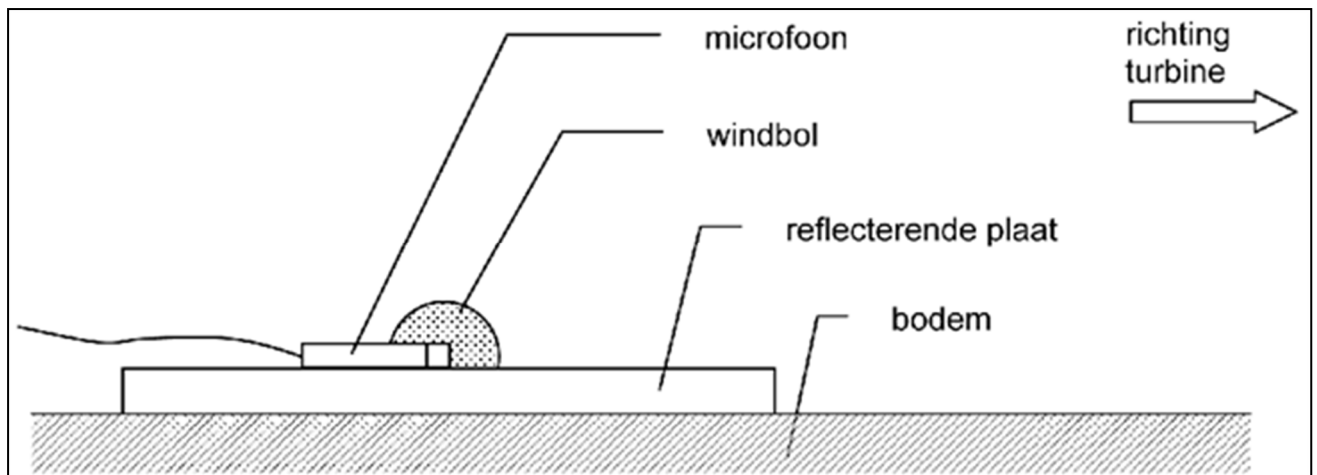


Figuur 1.2 Schematische weergave meetposities P1 (benedenwinds) en P4 (bovenwinds).

Doordat het middelpunt van de rotor niet samenvalt met het middelpunt van de mast zullen R_1 en R_4 (in geringe mate) verschillen.

De directe omgeving van de meetpositie en het gebied tussen de microfoon en de windturbine moet vrij zijn van obstakels die van invloed zijn op het resultaat.

Bij de metingen is de microfoon op de reflecterende plaat bevestigd met de hartlijn van de microfoon gericht op de windturbine, zoals aangegeven in figuur 1.3. Hierbij sluit de reflecterende plaat goed aan op de bodem.



Figuur 1.3 Weergave van de meetopstelling.

Meetcondities

Bij dichte mist of neerslag mag niet worden gemeten.

Voor en na iedere serie metingen moet het meetsysteem worden gekalibreerd met een akoestische ijkbron. Bij langdurige metingen moet het meetsysteem ook tussentijds worden gekalibreerd. Als de kalibratiewaarden meer dan 0,5 dB afwijken van de initiële waarden zijn de meetresultaten niet geldig.

Periodes waarin sprake is van stoorgeluid met een discontinu karakter (zoals incidentele voertuigpassages, vogels, vliegtuigen) worden niet meegenomen in de analyse. Wanneer er sprake is van stoorgeluid van continue aard (zoals windgeruis) wordt hiervoor gecorrigeerd.

Metingen voor het bepalen van het windsnelheidsafhankelijke geluidvermogen

De metingen voor het bepalen van het windsnelheidsafhankelijke geluidvermogen van de windturbine worden uitgevoerd op meetpunt P1. Bij de metingen worden de equivalente A-gewogen octaafbandspectra met middenfrequenties van 31,5 tot 8.000 Hz vastgesteld over periodes met een duur van ten minste 1,0 minuut.

De metingen moeten worden uitgevoerd bij windsnelheden op ashoogte (V_H) die variëren tussen

V_{ci} tot 95% van V_{rated} ,

waarbij wordt verstaan onder:

V_{ci} laagste windsnelheid waarbij de turbine in bedrijf is (cut in snelheid);

V_{rated} windsnelheid, waarbij de turbine juist het nominale vermogen levert.

Bij iedere hele waarde van de windsnelheid V_H moeten binnen een bandbreedte van 1 m/s minstens drie metingen worden verricht. De totale meetset bedraagt ten minste 30 metingen van ten minste 1,0 minuut.

Om voldoende gegevens te verkrijgen bij alle relevante windsnelheidscondities kan het noodzakelijk zijn om meerdere meetsessies te organiseren. Bij controlemetingen voor handhaving kan het meetprogramma echter worden ingeperkt, zie paragraaf 1.6.

Rondometingen voor het bepalen van de richtingsindex (optioneel)

Ter bepaling van de richtingsindex van de windturbine worden simultaan metingen verricht op de meetpunten P1 tot en met P6. Volstaan wordt met het bepalen van het equivalente totale A-gewogen geluidniveau van de windturbine. De meetserie bestaat uit ten minste 10 metingen per positie met een duur van ieder ten minste 1,0 minuut. De windsnelheid op ashoogte ligt tijdens de metingen tussen $0,75 V_{rated}$ en $0,95 V_{rated}$.

Geluidmetingen ter bepaling van stoorgeluid

De stoorgeluidcorrectie geschiedt op basis van metingen van het achtergrondgeluid bij uitgeschakelde windturbine. Tijdens de achtergrondmetingen moeten geluidmeetpositie, meetopstelling en omstandigheden overeenkomen met de situatie bij ingeschakelde turbine. Het bereik van de te bemeten windsnelheden moet overeenstemmen met de windtoestand op die hoogte bij ingeschakelde turbine.

1.3.2. Windsnelheid op ashoogte

De windsnelheid op ashoogte wordt afgeleid van het opgewekte elektrisch vermogen en de vermogenscurve van de installatie. De vermogenscurve moet zijn vastgesteld volgens een gangbare en controleerbare richtlijn. De periodes waarover het gemiddelde vermogen wordt vastgesteld, hebben een duur van 1,0 minuut en vallen samen met die van de geluidmetingen.

Bij sommige windturbines kan de geluidemissie softwarematig worden gestuurd door het verlagen van het rotortoerental (geluidmodus). Het rendement is dan wel lager dan bij het toerental dat voor energieopwekking het meest optimaal is. Voor een geluidmodus geldt daardoor een afwijkende vermogenscurve. Vanzelfsprekend moet de te hanteren vermogenscurve betrekking hebben op de modus die tijdens de metingen is ingesteld.

1.3.3. Windsnelheid voor achtergrondgeluidcorrectie

Voor het bepalen van de correctie voor stoorgeluid wordt de windsnelheid (V_A) gemeten op een afstand van 2D bovenwinds van de turbine, zowel bij ingeschakelde als bij uitgeschakelde turbine. Hierbij wordt een hoogte aangehouden van 5 tot 10 m boven het plaatselijke maaiveld. De periodes waarover de gemiddelde windsnelheid wordt bepaald, komen overeen met die van de geluidmetingen.

1.3.4. Windrichting, temperatuur en luchtdruk

Informatie over de windrichting op ashoogte, de oriëntatie van de rotoras ten opzichte van de wind, temperatuur en luchtdruk kan worden overgenomen van het informatiesysteem van de turbine. Als alternatief kunnen de metingen worden uitgevoerd op de in paragraaf 1.3.3 aangegeven positie.

1.4. Verwerking van de meetgegevens

1.4.1. Correctie windsnelheid op ashoogte

In het algemeen is de vermogenscurve genormeerd op standaard atmosferische omstandigheden (veelal $p_{ref} = 101,3$ kPa en $T_{ref} = 288^\circ\text{K}$). Bij grote afwijkingen ten opzichte van de standaardcondities worden de met behulp van de vermogenscurveafgeleide windsnelheden gecorrigeerd voor de energie-inhoud van de heersende wind volgens de formule:

$$V_H = V_D \left(\frac{p_{ref} T}{p T_{ref}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (1.2)$$

waarbij wordt verstaan onder:

V_H	gecorrigeerde windsnelheid op ashoogte in m/s;
V_D	windsnelheid, afgeleid van de power curve in m/s;
p_{ref}	referentie luchtdruk;
T_{ref}	referentie luchttemperatuur;
p	luchtdruk in kPa;
T	luchttemperatuur in K.

1.4.2. Correctie voor stoorgeluid

Het niveau van het stoorgeluid L_{stoor} wordt berekend op basis van achtergrondmetingen op het betreffende geluidmeetpunt bij uitgeschakelde turbine. Hiertoe worden de geluidsniveaus op P1 (of P1-P6) uitgezet tegen de windsnelheid, gemeten op de in paragraaf 1.3.3 aangegeven positie. Vervolgens worden de coëfficiënten bepaald van het tweedegraads polynoom dat zo goed mogelijk aansluit bij de meetwaarden.

$$L_{stoor}(V_A) = a_0 + a_1 V_A + a_2 V_A^2 \quad (1.3)$$

waarbij wordt verstaan onder:

V_A windsnelheid op 5 tot 10 m hoogte boven het maaiveld, gemeten op een afstand van 2D bovenwinds van de turbine

De 1-minuutgemiddelde geluidsniveaus, gemeten bij ingeschakelde turbine worden vervolgens gecorrigeerd voor stoorgeluid volgens de formule:

$$L_{eq} = 10 \lg \left[10^{\frac{L_{eq*}}{10}} - 10^{\frac{L_{stoor}}{10}} \right] \quad (1.4)$$

waarbij wordt verstaan onder:

L_{eq}	geluidsniveau van de turbine;
L_{eq*}	geluidsniveau van de windturbine inclusief stoorgeluid;
L_{stoor}	niveau van het stoorgeluid, berekend met de op dat moment heersende windsnelheid (V_A) volgens formule 1.3.

Bij het bepalen van de geluidvermogens geschiedt stoorgeluidcorrectie met formule 1.3 en 1.4 per octaafband. Bij het bepalen van de correctiefactor voor de richtwerking kan worden volstaan met

correctie van totale A-gewogen niveaus. Het stoorgeluidniveau L_{stoer} wordt beperkt tot een waarde die ten minste 3,0 dB onder het niveau bij ingeschakelde turbine ligt.

1.4.3. Bepalen windsnelheidsafhankelijk geluidvermogen

De op P1 gemeten octaafbandniveaus bij ingeschakelde turbine worden uitgezet tegen de windsnelheid op ashoogte. Vervolgens wordt per octaafband de best passende derdegraads polynoom berekend van de relatie tussen het geluidniveau in de betreffende octaafband en de gecorrigeerde windsnelheid op ashoogte V_H :

$$L_{eq,i}(V_H) = b_{0,i} + b_{1,i}V_H + b_{2,i}V_H^2 + b_{3,i}V_H^3 \quad (1.5)$$

$$L_{eq,i}(V_H) = b_{0,i} + b_{1,i}V_H + b_{2,i}V_H^2 + b_{3,i}V_H^3$$

waarbij wordt verstaan onder:

i 1,2...9 (octaafband 31,5 Hz, 63 Hz ... 8.000 Hz)

Hieruit worden vervolgens bij iedere hele waarde van de windsnelheid in m/s op ashoogte in het bereik van V_{ci} tot en met V_{rated} de equivalente octaafbandniveaus $L_{eq,i,j}$ berekend.

Het geluidvermogen per octaafband wordt vervolgens berekend volgens de formule:

$$L_{W,i,j} = L_{eq,i,j} - 6 + 10 \lg(4 \pi R_1^2) = L_{eq,i,j} + 5 + 20 \lg R_1 \quad (1.6)$$

waarbij wordt verstaan onder:

$L_{W,i,j}$	geluidvermogen per octaafband i en per windsnelheidsklasse j
R_1	afstand tussen meetpunt P1 en het middelpunt van de rotor, zoals aangegeven in figuur 1.
j	integer, gelijk aan de windsnelheid in m/s vanaf V_{ci} tot en met V_{rated}
6	correctie voor drukverdubbeling als gevolg van meting op reflecterende plaat

1.4.4. Bepalen van de correctiefactor voor de richtwerking (optioneel)

Voor iedere meetwaarde op meetpunt k ($k = 1, 2, \dots, 6$) wordt het verschil bepaald met het niveau dat simultaan is geregistreerd op referentiepositie P1. Hierbij wordt als volgt rekening gehouden met het verschil in afstand tot het middelpunt van de rotor:

$$\Delta L_k = L_{Aeq,k} - L_{Aeq,1} + 20 \lg \left[\frac{R_k}{R_1} \right] \quad (1.7)$$

waarbij wordt verstaan onder:

ΔL_k	richtingsindex in dB op meetpunt k , relatief ten opzichte van het referentiemeetpunt
$L_{Aeq,k}$	gemeten equivalente geluidniveau in dB(A) op meetpunt met index k
R_k	afstand van meetpunt met index k tot het middelpunt van de rotor
k	1, 2...6

Vervolgens wordt de correctiefactor voor de richtwerking berekend volgens de formule:

$$\Delta L = \frac{1}{6} \sum_{k=1}^6 \Delta L_k \quad (1.8)$$

Deze correctiefactor is relatief ten opzichte van het in referentierichting uitgestraalde geluidvermogen en neemt doorgaans een negatieve waarde aan.

1.5. Geluidvermogen bij windsnelheden hoger dan V_{rated}

De vaststelling van de windsnelheid op ashoogte op basis van de vermogenscurve geeft betrouwbare resultaten tot aan de windsnelheid V_{rated} waarbij de turbine het nominale vermogen (P_{rated}) levert. Als het windaanbod hoger is dan het nominale vermogen van de windturbine wordt de overtollige windenergie niet benut voor de opwekking van elektriciteit. De vermogenscurvemethode is daarom voor waarden boven P_{rated} niet direct bruikbaar en dientengevolge hoeven voor windsnelheden die uitstijgen boven V_{rated} geen metingen te worden verricht. Voor de berekening van het jaargemiddelde geluidvermogen is de informatie bij hoge windsnelheden echter wel nodig.

Vrijwel alle moderne turbines beschikken over een zogenaamde pitch regeling. Hierbij wordt het aandrijfvermogen boven het nominale vermogen gereduceerd door verkleining van de invalshoek van de rotorbladen. Bij dergelijke turbines is het geluidvermogen boven P_{rated} nagenoeg onafhankelijk van de windsnelheid. Daarom wordt voor dergelijke windturbines uitgegaan van:

$$L_{W,i,j} = L_{W,i,V_{rated}} \quad (1.9)$$

bij $V_{rated} < j \leq V_{co}$ $V_{rated} < j \leq V_{co}$

Hierbij stelt V_{co} de hoogste windsnelheid voor, waarbij de turbine in bedrijf is (cut out snelheid).

Bij een beperkte groep windturbines wordt het elektrisch vermogen boven P_{rated} passief gereduceerd, doordat de rotorbladen in overtrektoestand geraken (stall regeling). Bij stall geregelde turbines neemt de geluidemissie boven P_{rated} in de regel sterk toe met de windsnelheid. Voor dit type windturbines mag worden uitgegaan van formule 1.9 als de windsnelheid op ashoogte niet meer dan 10% van de tijd hoger is dan V_{rated} . Als niet aan deze voorwaarde wordt voldaan, moet een specialistische meet- of rekenmethode worden gehanteerd voor het bepalen van het geluidvermogen in het betreffende windsnelheidsgebied.

1.6. Handhaving

Handhaving met metingen op geluidgevoelige gebouwen is door de invloed van stoorgeluid en problemen met representativiteit niet goed mogelijk. Daarom worden handhavingsmetingen toegespitst op controle van het geluidvermogen.

Het bepalen van het geluidvermogen bij alle voorkomende windsnelheden kan tijdrovend zijn en is in het algemeen niet nodig. Daarom kan – ter beoordeling van het bevoegd gezag – worden volstaan met steekproefsgewijze controle van het geluidvermogen. De uitvoering en uitwerking hiervan vindt plaats volgens de methode die in voorgaande paragrafen is beschreven, met uitzondering van het volgende:

- Bij de te onderzoeken hele waarde van de windsnelheid op ashoogte (index j) worden binnen een bandbreedte van 1 m/s minstens zes metingen verricht met een duur van ten minste 1,0 minuut per meting;
- De totale A-gewogen niveaus worden beschouwd in plaats van octaafbandniveaus;
- Op de gemeten totale A-gewogen niveaus wordt lineaire regressie uitgevoerd, waarna het geluidvermogen bij de hele waarde van de windsnelheid op ashoogte (index j) wordt berekend.

Bij het bepalen van de windsnelheid op ashoogte wordt in principe uitgegaan van door de exploitant aan te leveren productiegegevens. De gegevens kunnen in veel gevallen extern worden getoetst door registratie van het rotortoerental.

2. Standaardrekenmethode

2.1. Principe van de berekening

Het geluid wordt uitgedrukt in geluidbelasting L_{den} en L_{night} .

In algemene zin wordt het equivalente geluidniveau $L_{Aeq,T}$ in dB(A) over een tijdvak T van t_1 tot t_2 bepaald volgens de formule:

$$L_{A,eq,T} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{p_{A,t}}{p_0} \right)^2 dt \right)$$

waarbij wordt verstaan onder:

T	= $t_2 - t_1$
$p_{A(t)}$	= de A-gewogen momentane geluiddruk
p	= referentiedruk van 20 μ Pa

Het equivalente geluidniveau L_{eq} van een windturbine wordt berekend als de som van de jaargemiddelde geluidemissie L_E , de geluidoverdracht van de bron naar het beoordelingspunt bij gestandaardiseerde (gunstige) omstandigheden ΣD en de meteocorrectieterm C_{meteo} . De berekening wordt uitgesplitst per dag-, avond- en nachtperiode.

De emissieterm wordt bepaald uit de convolutie van het windsnelheidsafhankelijke geluidvermogen en de langjaargemiddelde lokale windsnelheidsverdeling op ashoogte. Als de bron niet kan worden gekenmerkt door een zuivere monopool en dus niet in alle richtingen gelijkmatig uitstraalt, kan de richtingsindex worden meegewogen.

De geluidoverdracht bij gestandaardiseerde omstandigheden wordt getypeerd door een positieve verticale geluidsniveaugradiënt. Dit betekent wind in de richting van het beoordelingspunt en een geringe invloed van de temperatuursgradiënt. De methode om de overdracht te berekenen is

integraal overgenomen uit bijlage IVh (methode II.8). Deze methode wordt veelvuldig gebruikt bij andere geluidbronnen van industriële aard en behoeft om die reden geen nadere toelichting.

Met de meteocorrectieterm wordt het verschil tussen de gestandaardiseerde en de gemiddelde overdrachtssituatie in rekening gebracht. De hier gebruikte term wijkt, zoals al aangegeven, af van de in de HMRI-1999 gedefinieerde term als gevolg van het meenemen van de windrichtingstatistiek. De correctieterm is daarom afhankelijk van de richting van de ontvanger ten opzichte van de bron.

2.2. Beschrijving van de bron

De geluiduitstraling van een windturbine kan worden gemodelleerd met één puntbron, als de horizontale afstand tussen de hartlijn van de mast en het immissiepunt ten minste gelijk is aan de ashoogte, vermeerderd met de helft van de rotordiameter, ofwel

$$r_{HOR} \geq H + D/2$$

waarbij wordt verstaan onder:

H	ashoogte
D	rotordiameter

De hoogte van de puntbron h_b ten opzichte van het maaiveld ter plaatse komt daarbij overeen met de hoogte van de rotoras:

$$h_b = H$$

2.3. De basisformules

De geluidbelasting van windturbines wordt uitgedrukt in de dosismaat L_{den} . Deze maat geeft de jaargemiddelde geluidbelasting weer, waarbij de avond- en nachtperiodes zwaarder wegen dan de dagperiode. De berekening van L_{den} en L_{night} gaat volgens de formule:

$$L_{den} = 10 \lg \left(\frac{12}{24} 10^{\frac{L_{dag}}{10}} + \frac{4}{24} 10^{\frac{L_{avond}+5}{10}} + \frac{8}{24} 10^{\frac{L_{nacht}+10}{10}} \right) \quad (2.1)$$

Hierbij representeren L_{dag} , L_{avond} en L_{nacht} de equivalente A-gewogen geluidniveaus L_{eq} per dag-, avond- en nachtperiode. De beoordelingsperioden zijn als volgt gedefinieerd:

dag	07:00–19:00 uur;
avond	19:00–23:00 uur;
nacht	23:00–07:00 uur.

Het jaargemiddelde equivalente A-gewogen niveau L_{eq} per beoordelingsperiode wordt berekend volgens de formule:

$$L_{A,eq} = 10 \lg \sum_{i=1}^9 \sum_{n=1}^N 10^{L_{eq,i,n}/10} \quad (2.2)$$

waarbij wordt verstaan onder:

$L_{eq,i,n}$	bijdrage aan het equivalente niveau van één octaaf (index i) van één windturbine (index n) per beoordelingsperiode
i	1,2...9 (octaafband 31,5 Hz, 63 Hz ... 8000 Hz)
n	1,2,...N (N is het aantal windturbines)

$L_{eq,i,n}$ wordt berekend uit het jaargemiddelde geluidvermogen van de windturbine, verminderd met de gemiddelde geluidoverdracht naar het immissiepunt. Berekend wordt het invallend geluid. De berekening gaat per octaafband, per beoordelingsperiode en per windturbine volgens de formule:

$$L_{eq,i,n} = L_E - D_{geo} - D_{lucht} - D_{ref} - D_{scherm} - D_{veg} - D_{terrein} - D_{bodem} - C_{meteo} \quad (2.3)$$

waarbij wordt verstaan onder:

L_E	jaargemiddeld geluidvermogen van de turbine in octaafband i in de betreffende beoordelingsperiode
D_{geo}	afname van het geluidniveau door geometrische uitbreiding
D_{lucht}	afname van het geluidniveau door absorptie in lucht
D_{refl}	afname door reflectie tegen obstakels (deze term is negatief)
D_{scherm}	afname ten gevolge van afscherming door akoestisch goed isolerende obstakels (dijken, wallen, gebouwen)
D_{veg}	afname vanwege geluidverstrooiing aan en absorptie door vegetatie
$D_{terrein}$	afname door verstrooiing en absorptie door installaties op het industrieterrein voor zover deze niet in de overige termen is begrepen
D_{bodem}	afname ten gevolge van reflectie tegen, verstrooiing aan en absorptie door bodem (deze term kan ook negatief zijn)
C_{meteo}	term die het verschil in rekening brengt tussen de gestandaardiseerde geluidoverdracht (meewind) en de gemiddelde meteorologische situatie

In de navolgende paragrafen wordt op de verschillende termen nader ingegaan.

2.4. De emissieterm L_E

2.4.1. De berekening

De emissieterm L_E representeert het jaargemiddelde geluidvermogen per octaafband dat door de turbine wordt uitgestraald. Het wordt berekend uit het windsnelheidsafhankelijke geluidvermogen van de installatie, de lokale langjaargemiddelde windsnelheidsverdeling op ashoogte en de correctiefactor voor de richtwerking. De berekeningen worden uitgesplitst per dag-, avond- en nachtperiode. De emissieterm wordt berekend volgens de formule:

$$L_E = 10 \lg \left(\sum_{j=V_{ci}}^{V_{co}} \left(\frac{U_j}{100} 10^{L_{W,i,j}/10} \right) \right) + \Delta L \quad (2.4)$$

waarbij wordt verstaan onder:

$L_{W,i,j}$	bronsterkte per octaafband i en per windsnelheidsklasse j in dB(A)
ΔL	correctiefactor voor de richtwerking van windturbines in dB

U_j	frequentie van voorkomen van windsnelheidsklasse j op ashoogte per beoordelingsperiode in procenten
j	windsnelheden in hele getallen op ashoogte in m/s, gelegen tussen V_{ci} en V_{co}
V_{ci}	laagste windsnelheid waarbij de turbine in bedrijf is (ci = cut in)
V_{co}	hoogste windsnelheid waarbij de turbine in bedrijf is (co = cut out)

2.4.2. Bepalen van de bronsterkte

De broneigenschappen $L_{w,i,j}$ en ΔL volgen uit de in hoofdstuk 2 beschreven of een daaraan gelijkwaardige procedure. Als geen richtingsinformatie beschikbaar is, geldt $\Delta L = 0$ dB. In dat geval wordt het jaargemiddelde geluidvermogen van de turbine mogelijk in enige mate overschat, wat vanuit milieuhygiënisch oogpunt acceptabel wordt geacht.

2.4.3. Bepalen windsnelheidsverdeling

De windsnelheidsverdeling voor de dag-, avond- en nachtperiode is in tabellen beschikbaar op vaste roosterpunten in Nederland. De gegevens zijn afkomstig van het KNMI en zijn gebaseerd op langjarige windstatistiek van 2004 tot en met 2013.

De windverdelingen zijn beschikbaar in tabellen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de dag- (07-19 uur), avond- (19-23 uur) en nachtperiode (23-07 uur). De informatie heeft de vorm van frequentieverdelingen, waarbij per klasse wordt aangegeven hoe groot de waarschijnlijkheid van die klasse in de betreffende beoordelingsperiode is. De getalswaarden zijn gegeven in procenten, afgerond op twee decimalen. De windverdelingen zijn opgedeeld in 25 klassen. De middenwaarden van de klassen komen overeen met hele waarden van de windsnelheid. De klassenbreedte bedraagt 1 m/s.

Door het KNMI geleverde data is weergegeven in tabellen op vaste gridpunten. De gridpunten liggen op een equidistant en orthogonaal rooster. De afstand tussen de gridpunten is 2.5 km in beide richtingen. De coördinaten in het horizontale vlak zijn gedefinieerd volgens het Amersfoortse coördinatenstelsel (RDnew). Per roosterpunt zijn de histogrammen beschikbaar voor 14 hoogtes (10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260). De hoogte (z in meters) is relatief ten opzichte van de gemiddelde maaiveldhoogte. Indien de voet van de turbinemast uitsteekt boven het omringende terrein, dient dit te worden verdisconteerd in de ashoogte z .

2.4.4. Bijzondere situaties

Bij bepaalde typen windturbines kan de emissieterm worden beïnvloed door het tijdelijk programmeren van een zogenaamde geluidmodus. Hierbij wordt het rotortoerental actief lager

ingesteld, wat resulteert in een lagere geluidemissie. In dat geval bestaan er dus meerdere relaties tussen het geluidvermogen en de windsnelheid op ashoogte. Dan wordt de geluidemissie term berekend door energetische sommatie over alle voorkomende bedrijfsmodi, waarbij U_j naar rato over de bedrijfsmodi wordt verdeeld.

Een andere wijze van beperken van de geluidemissie is het tijdelijk stop zetten van de turbine, bijvoorbeeld bij harde wind tijdens de geluidgevoelige nachtelijke periode. In die situatie wordt U_j gebaseerd op de gemaximeerde tijdsduur waarbij de turbine bij die windsnelheid in bedrijf is.

2.5. De geometrische uitbreidingsterm D_{geo}

In de overdrachtsberekening wordt uitgegaan van uitbreiding over een hele bol volgens de formule:

$$D_{geo} = 10 \lg(4\pi r_i^2) = 20 \lg r_i + 11 \quad (2.5)$$

waarbij wordt verstaan onder:

r_i afstand tussen het broncentrum en het immissiepunt

2.6. De luchtdemping D_{lucht}

De luchtabSORPTIE wordt bepaald volgens de formule:

$$D_{lucht} = a_{lu}(f) * r_i \quad (2.6)$$

De waarden voor de luchtabSORPTIECOEFFICIENT a_{lu} zijn vermeld in tabel 2.1.

Tabel 2.1 De LuchtabSORPTIECOEFFICIENT in dB/m in octaafbandwaarden (ISO 9613-1: 1993, bij een temperatuur van 10°C en een relatieve vochtigheid van 80%)

Middenfrequentie octaafbanden [Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000

a_{lu} [dB/m]	$2 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$6,7 \cdot 10^{-2}$

2.7. De term D_{refl}

Als er geen reflecterende objecten zijn, geldt: $D_{refl} = 0$ dB.

Als er wel reflecterende objecten zijn, worden hieraan de volgende eisen gesteld om in de berekening als reflecterend object te worden aangemerkt:

- het reflecterend object heeft dwars op het geluidpad afmetingen die groter zijn dan de betreffende golflengte van het geluid;
- het object wordt vanuit de bron en/of vanuit het immissiepunt gezien onder een hoek van ten minste 5° in het horizontale vlak;
- de hoogte van het object moet groter zijn dan:

$$h_b + r_{br}/16 \text{ of } h_o + r_{or}/16 \quad (2.7)$$

waarbij wordt verstaan onder:

r_{br}	afstand van de bron tot het reflecterend object
r_{or}	<i>afstand van het immissiepunt tot het reflecterend object</i>
h_o	<i>ontvangerhoogte</i>
h_b	<i>bronhoogte</i>

- het object heeft een min of meer vlakke en geluidreflecterende wand. Bomenrijen en open procesinstallaties worden zo buitengesloten; en
- het geluid kan via een reflectie (zoals bij een optische spiegeling) het immissiepunt bereiken (zie figuren 2.1 en 2.2).

Bronsterkte van de spiegelbron

De reflectie wordt in rekening gebracht door een spiegelbron te veronderstellen. Als de overdrachtsomstandigheden voor bron en spiegelbron weinig verschillen, dan wordt geen aparte spiegelbron in rekening gebracht, en is:

$$D_{refl} = 10 \lg (1 + \rho) \quad (2.8)$$

Enkele waarden voor ρ , de reflectiecoëfficiënt voor de geluidenergie, worden gegeven in tabel 2.2.

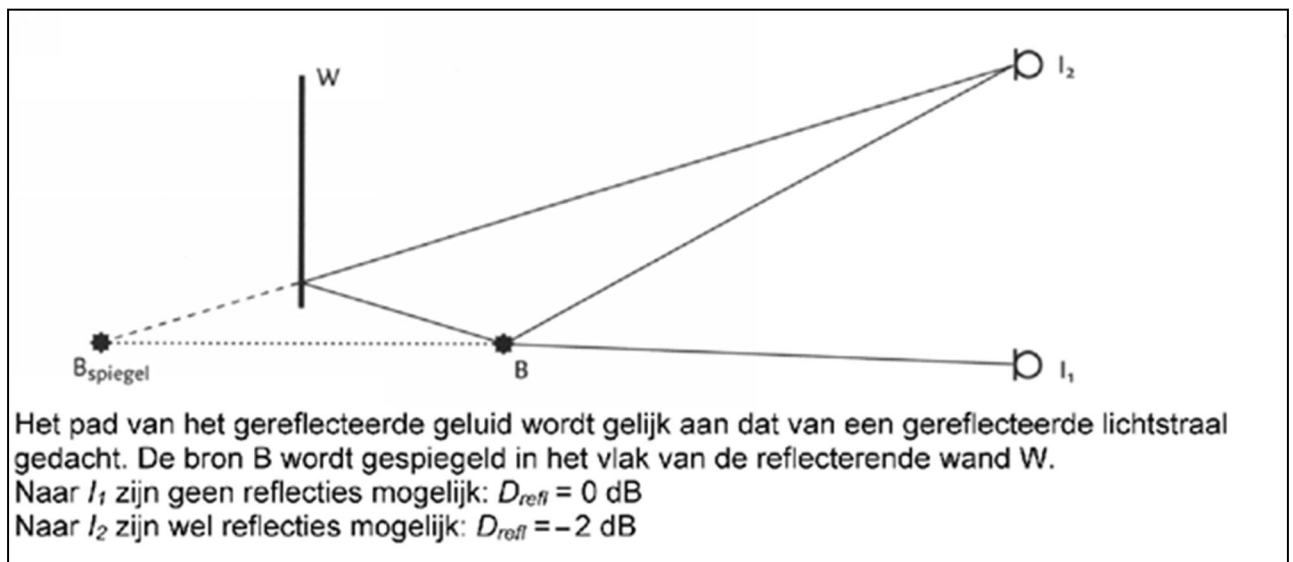
Blijkt dat de geluidbijdrage via de reflectie sterk verschilt van de bijdrage via de directe weg, bijvoorbeeld door aanwezigheid van een afscherming (figuur 2.3), dan wordt deze spiegelbron als een aparte bron berekend en is $D_{refl} = 0$ dB. Voor de bronsterkte van de spiegelbron geldt:

$$(L_{W,i,m})_{spiegel} = L_{W,i,m} + 10 \lg (\rho) \quad (2.9)$$

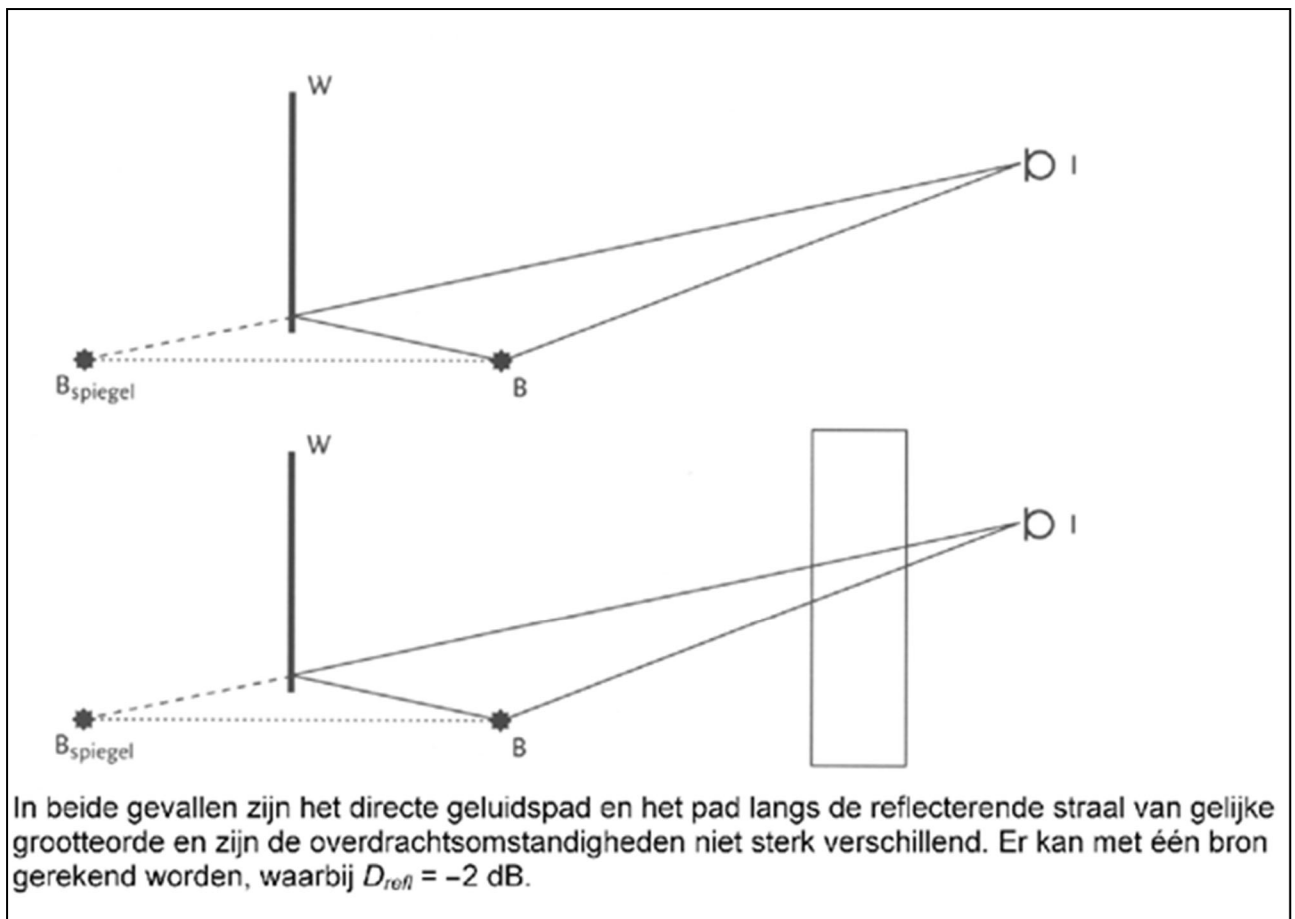
Opmerkingen:

reflecties tegen de bodem worden door toepassing van D_{bodem} in rekening gebracht;

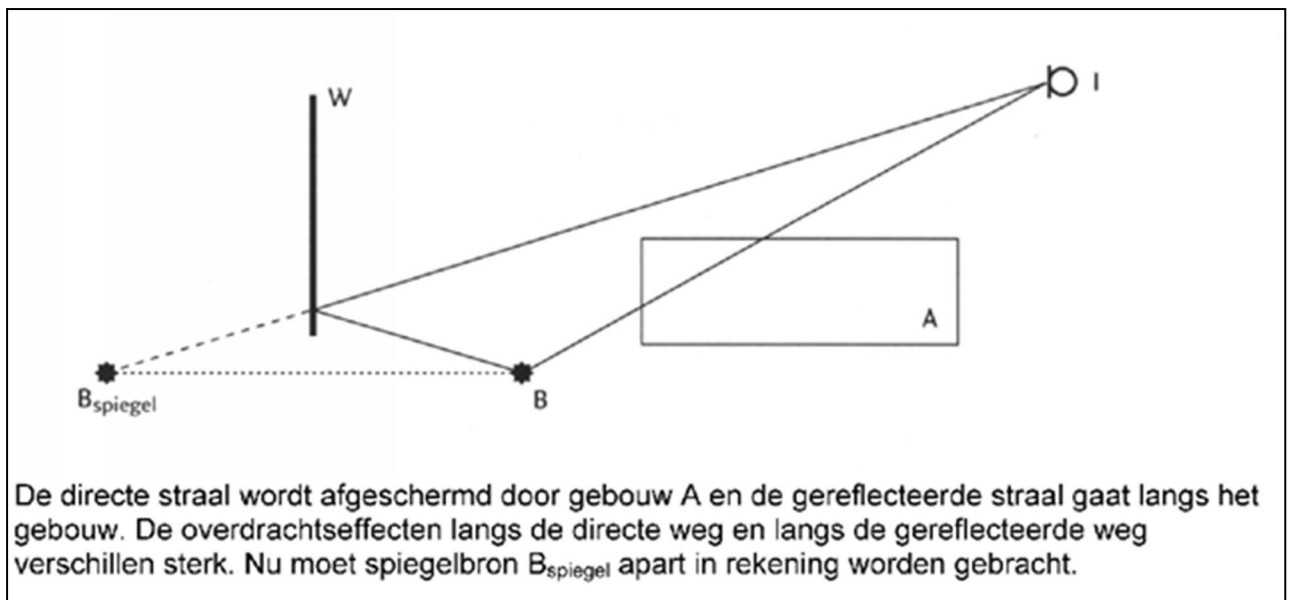
spiegelbronnen mogen worden verwaarloosd als hun bijdrage meer dan 7 dB onder het geluidimmissieniveau van de bron ligt.



Figuur 2.1 Toelichting op optische spiegeling.



Figuur 2.2 Geen spiegelbron, $D_{refl} = -2$ dB.



Figuur 2.3 Wel spiegelbron in rekening brengen en $D_{refl} = 0$ dB.

Aard van het object	Reflectiecoëfficiënt ρ
vlakke harde wanden	1
wanden van gebouwen met ramen en kleine uitbouwen	0,8
fabriekswanden voor 50% bedekt met openingen, installaties en pijpen	0,4
cilinders met harde wanden (tanks, silo's)	$\frac{d \sin(\Psi / 2)}{2r_{bm}}$
open installaties	0

$d =$ diameter cilinder
 $r_{bm} =$ afstand bron tot het midden van de cilinder m
 $\Psi =$ supplement van de hoek tussen de lijnen B-m en l-m

Tabel 2.2 Waarden voor de reflectiecoëfficiënt ρ .

2.8. De schermwerking D_{scherm}

2.8.1. Eisen aan afschermende objecten

Een object wordt als scherm in rekening gebracht als:

- de massa per eenheid van oppervlakte ten minste 10 kg/m^2 bedraagt; en
- het object geen grote kieren of openingen heeft; procesinstallaties, bomen e.d. worden dus niet als scherm in rekening gebracht; en
- de horizontale afmeting dwars op de lijn van bron naar immissiepunt groter is dan de golflengte van het geluid. (in figuur 2.4 en 2.6: $s_l + s_r > \lambda$)

Bij schermen van geringe hoogten wordt een correctiefactor H_f toegepast volgens formule 2.15.

2.8.2. Schematiseren van objecten tot scherm

Elk object wordt geschematiseerd door een vlak dun scherm met rechte verticale randen links LL' en rechts RR'. De bovenrand LR van het scherm hoeft niet horizontaal te zijn.

Als gebouwen afschermen en de afmetingen van het gebouw in de richting van bron naar immissiepunt niet verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de afstand tussen bron en immissiepunt, kan het gebouw worden gerepresenteerd door een prisma met een viertal rechte lijnstukken die verticaal op een rechthoekig grondvlak staan. De lijnstukken mogen ongelijk van lengte zijn. Elk zijvlak kan als scherm dienst doen.

2.8.3. Berekening D_{scherm}

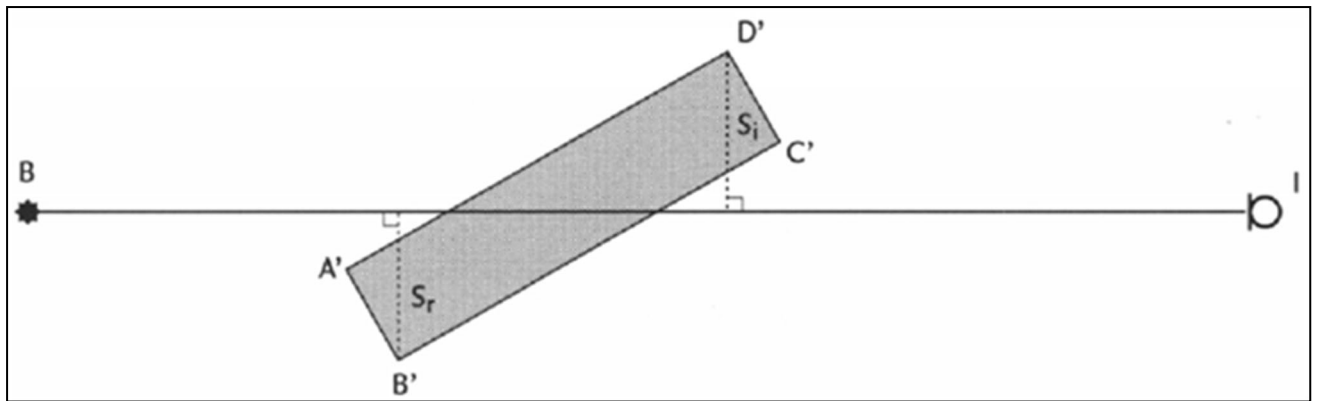
Door de lijn bron-immissiepunt BI wordt een verticaal vlak V geplaatst. Als één of meer schermen wordt doorsneden door lijn BF, worden op elk scherm drie punten bepaald (zie figuur 2.5), te weten:

K	het snijpunt van de lijn BI met het scherm;
T	de top van het scherm in vlak V (snijpunt V met lijn LR);
Q	het snijpunt van het (verlengde) schermvlak met een gekromde geluidstraal, die de geluidoverdracht beschrijft als het scherm er niet zou zijn (kromtestraal = $8r$).

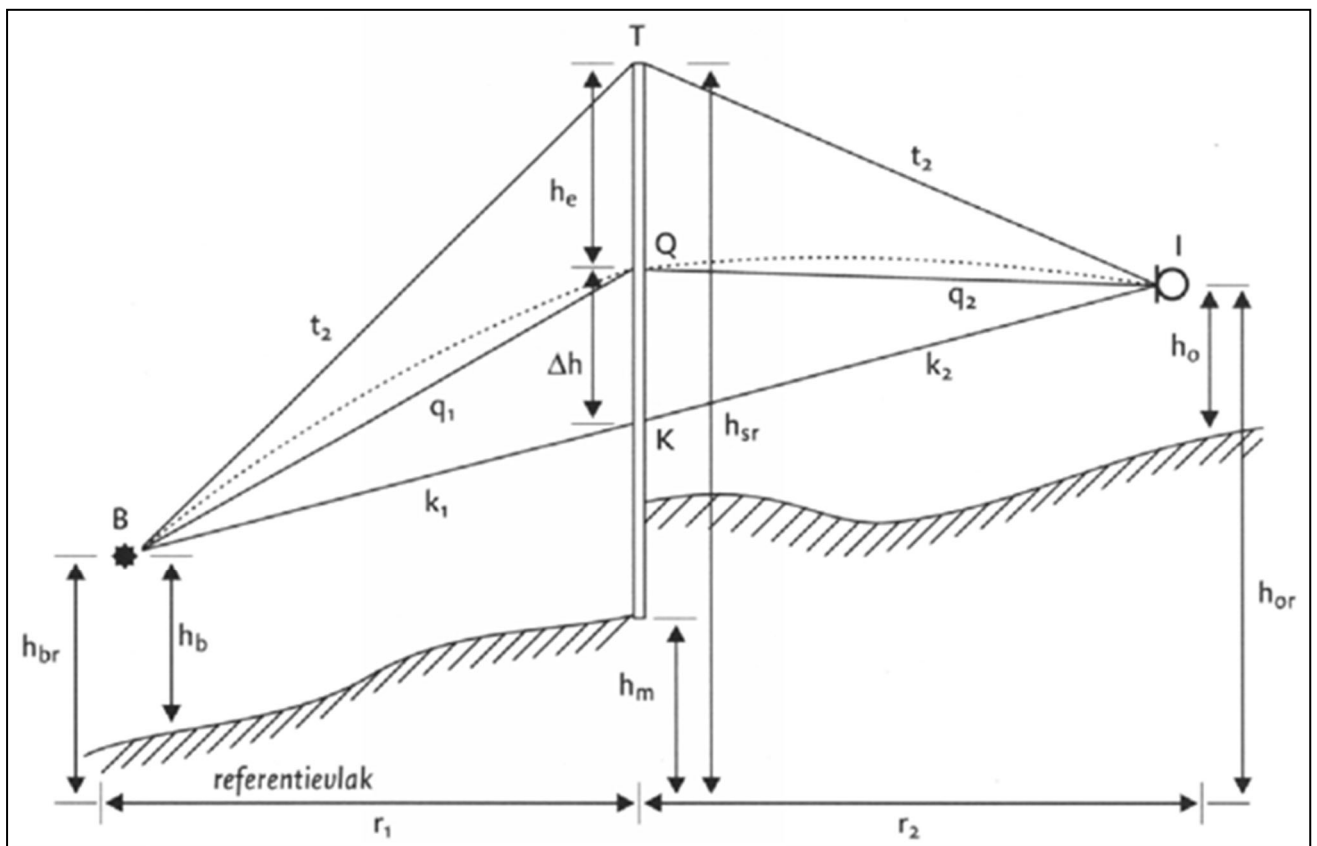
Het punt Q ligt altijd boven K en wel op een afstand Δh , die volgens onderstaande formule wordt berekend uit de horizontale afstand bron-scherm r_1 en de horizontale afstand immissiepunt-scherm r_2 volgens de formule:

$$\Delta h = \frac{r_1 r_2}{16(r_1 + r_2)} \quad (2.10)$$

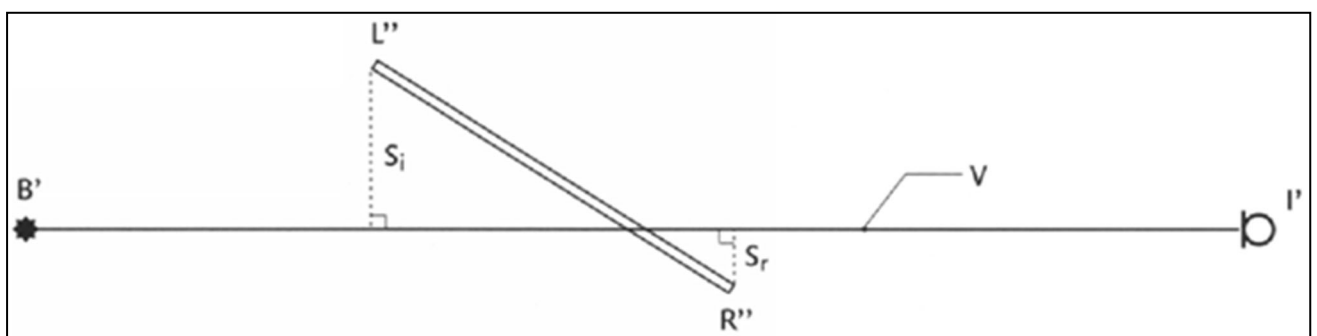
De afstand tussen Q en T is de effectieve schermhoogte h_e . Als Q boven T ligt is h_e negatief.



Figuur 2.4 Toelichting bij het bepalen van s_i en s_r bij een gebouw.



Figuur 2.5 Toelichting op de geometrische parameters bij de berekening van D_{scherm}



Figuur 2.6 Toelichting op de berekening van D_{scherm}

Er worden drie situaties onderscheiden, die vervolgens worden behandeld:

- a. V snijdt geen enkel scherm;
- b. V snijdt één scherm;
- c. V snijdt meer dan een scherm.

a. V snijdt geen scherm

In het geval dat vlak V geen enkel afschermend object snijdt, kunnen slechts grote, hoge objecten in de omgeving van de lijn van bron naar immissiepunt het geluidveld van een puntbron beïnvloeden. Bij de berekening worden deze diffracties buiten beschouwing gelaten.

$$D_{\text{scherm}} = 0 \text{ dB} \quad (2.11)$$

Opmerking: in speciale gevallen kan het bronvermogen worden opgesplitst in kleinere deelbronnen. Zo wordt het effect van de discontinuïteit wel/geen afscherming sterk afgezwakt.

b. V snijdt één scherm

Uit de plaats van de punten K, Q en T enerzijds en de punten B en I anderzijds kunnen de lengten van de rechte verbindingen $k_1 = BK$, $k_2 = KI$, $q_1 = BQ$, $q_2 = QI$, $t_1 = BT$ en $t_2 = TI$ worden berekend (zie figuur 2.5). Hieruit is de verticale omweg ε_v te bepalen volgens de formules:

$$\text{Als T boven K ligt: } \varepsilon_v = t_1 + t_2 - q_1 - q_2 \quad (2.12)$$

$$\text{Als T onder K ligt: } \varepsilon_v = 2(k_1 + k_2) - t_1 - t_2 - q_1 - q_2$$

De horizontale omwegen worden berekend door de situatie op het horizontale referentievlak te projecteren. De projecties van B en I zijn B' en I' en de rechten LL'' en RR'' snijden het referentievlak in L' en R' (zie figuur 2.6).

$$\text{De rechter omweg: } \varepsilon_r = B'R'' + R''I' - r_1 - r_2 \quad (2.13)$$

$$\text{De linker omweg: } \varepsilon_l = B'L'' + L''I' - r_1 - r_2$$

Van elk van de omwegen wordt een Fresnelgetal N bepaald:

$$N_v(f) = 0,0059 \varepsilon_v f \quad (2.14)$$

$$N_r(f) = 0,0059 \varepsilon_r f$$

$$N_t(f) = 0,0059 \varepsilon_t f$$

Voor de frequentie f wordt bij berekening in octaafbanden de middenfrequentie van de laagste tertsband in de octaafband ingevuld (deze is gelijk aan $f_{oct}/21/2$) en bij berekening in tertsbanden de middenfrequentie van de betreffende tertsband. Uit het Fresnelgetal wordt de afscherming per schermrand berekend, uitgaande van de veronderstelling dat elke rand oneindig lang is. De bijdragen van de verschillende overdrachtswegen worden gesommeerd. D_{scherm} wordt gecorrigeerd als de hoogte van het scherm boven het laagste van de twee aan het scherm grenzende maaivelden ($h_{sr} - h_{ma}$) klein is. Voor obstakels die sterk afwijken van een ideaal dun scherm wordt een term ΔD in rekening gebracht in formule 2.15.

Als $N_v \leq -0,1$

$$D_{scherm} = 0 \text{ dB}$$

Als $N_v > -0,1$

$$D_{scherm} = 10H_f \left[\lg \left(\frac{1}{20N_v+3} + \frac{1}{20N_r+3} + \frac{1}{20N_t+3} \right)^{-1} \right] - \Delta D \quad (2.15)$$

waarbij wordt verstaan onder:

H_f	$(h_{sr} - h_{ma}) f / 250$	als $(h_{sr} - h_{ma}) f / 250 < 1$

H_f	1	als $(h_{sr} - h_{ma}) f / 250 \geq 1$
ΔD	zie tabel 2.3	

Tabel 2.3 Waarden voor ΔD van obstakels die van de ideale schermvorm afwijken.

ΔD [dB]	Betreft
0	– alle gebouwen; – dunne wanden met een helling kleiner dan 20° met de verticaal; – grondlichamen waarbij de hellingen van de taluds aan beide zijden opgeteld niet meer dan 70° bedragen;
0	– grondlichamen uit de groep $\Delta D = 2$ als boven op het grondlichaam een obstakel uit bovenstaande categorie staat dat ten minste even hoog is als het grondlichaam
2	– grondlichamen waarbij de hellingen van de taluds aan beide zijden opgeteld tussen 70° en 165° liggen; – grondlichamen met daarop een obstakel uit de eerste groep $\Delta D = 0$ dat minder hoog is dan het grondlichaam

Als $D_{scherm} \leq 0$ dB dan wordt $D_{scherm} = 0$ dB

Als $D_{scherm} \geq 20$ dB dan wordt $D_{scherm} = 20$ dB

Opmerking: als het scherm veel breder is dan hoog gaat de formule 2.15 over in de formule van het oneindig lange scherm ($\Delta D = 0$ verondersteld).

$$D_{scherm} = 10H_f \lg(20N_v + 3) \quad (2.16)$$

c. Vlak V snijdt twee of meer schermen

Hier kunnen twee situaties worden onderscheiden, namelijk:

c.1 de algemene situatie;

- c.2 het bijzondere geval waarbij zowel dichtbij de bron als dichtbij het immissiepunt een scherm staat en waarbij de onderlinge afstand tussen de schermen groot is.

c.1 Algemene situatie

Onderscheiden kunnen worden:

- a: Voor geen of slechts één van de schermen geldt $h_e \geq 0$.
In deze gevallen wordt alleen het scherm met de grootste verticale omweg berekend volgens de procedure van het enkele scherm. (Dit betekent, in het geval dat het kleiner dan nul is, dat met het scherm dat in absolute waarde gerekend de kleinste omweg bezit verder wordt gerekend).
- b: Meer schermen met $h_e \geq 0$.
Voor de berekening van D_{scherm} wordt een goede benadering gevonden door de D_{scherm} van het meest afschermende object te bepalen met de procedure van het enkele scherm. Gebouwen en dergelijke worden in deze berekening vereenvoudigd tot een enkel scherm waarbij de zijpaden worden berekend langs de verticale hoeklijnen met de grootste horizontale omweg.

Als de onderlinge afstand r_{12} (zie figuur 2.7) tussen de schermen voldoet aan:

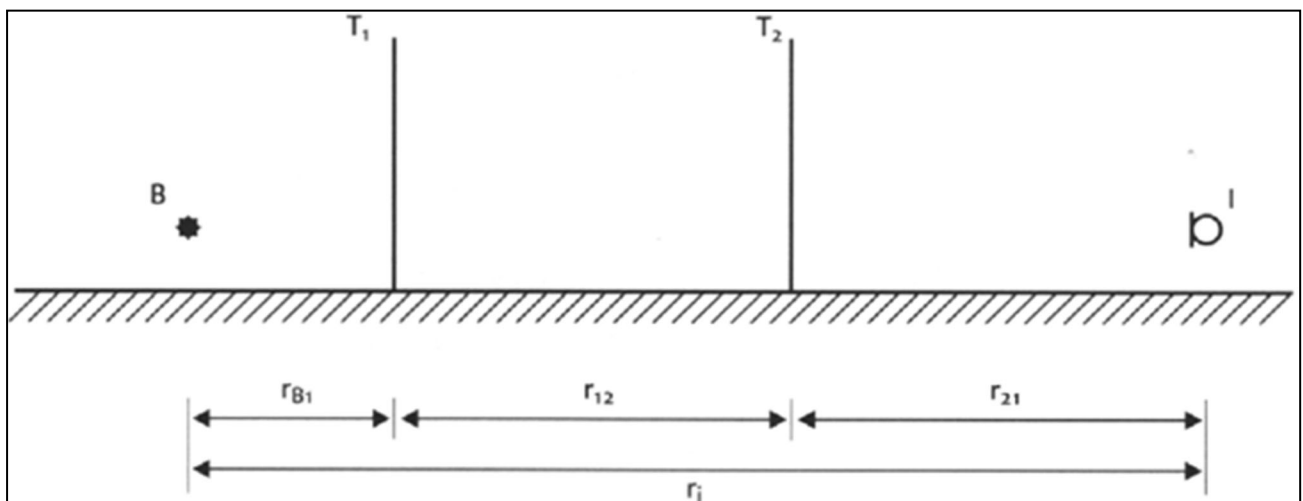
$$r_{12} / r_i > 0,2$$

kan de volgende rekenprocedure worden gebruikt, die in figuur 2.8 schematisch wordt aangegeven:

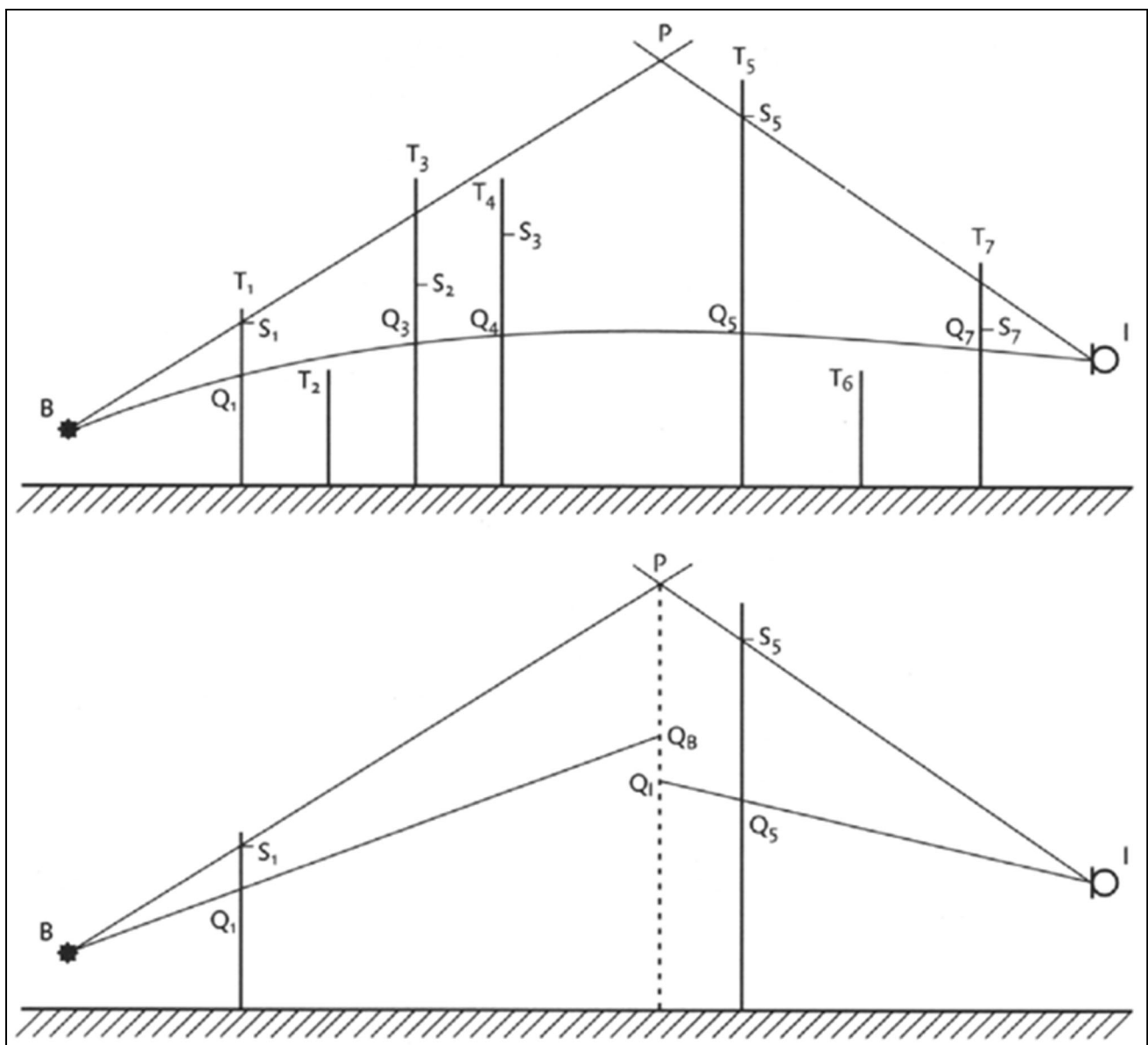
1. Alle schermen met $h_e < 0$ worden verwijderd.
2. Van de overgebleven schermen wordt het punt S_i (berekend bij scherm i) bepaald. S_i ligt op een afstand s onder de top van het scherm.

$$S = h_e \left\{ 1 - \frac{1}{1 + \frac{h_e}{s_i} + \frac{h_e}{s_r}} \right\} \quad (2.17)$$

s_l en s_r zijn hierin de afstand van de linker- en rechterzijkant tot V. Bij gebouwen zijn dit de afstanden van de verst verwijderde verticale hoeklijnen van het gebouw ter linker- en rechterzijde van V.



Figuur 2.7 De geometrie bij meerdere schermen tussen bron en immissiepunt.



Figuur 2.8 Toelichting op de berekening van D_{scherm} bij meerdere schermen.

3. De verbindinglijnen tussen bron B en S_i en tussen het immissiepunt I en S_i worden bepaald. Vervolgens wordt de lijn BS_j geselecteerd, die vanuit de bron gezien de grootste elevatie heeft. Ook wordt de lijn IS_k geselecteerd, die vanuit het immissiepunt gezien de grootste elevatie heeft.
4. Als de lijnen BS_j en IS_k hetzelfde scherm betreffen, wordt D_{scherm} berekend door voor dit scherm de procedure van het enkele scherm te volgen. In de overige gevallen wordt het snijpunt P van de lijnen BS_j en IS_k bepaald. Door dit snijpunt wordt een verticale lijn, p, gedacht. Op p worden twee punten bepaald, te weten:
 - Q_B , snijpunt p met de lijn BQ_j ;
 - Q_I , snijpunt p met de lijn IQ_k .

Bepaal de hypothetische omweg ε_h volgens de formule:

$$\varepsilon_h = BP + PI + -BQ_B - IQ_I \quad (2.18)$$

5. Vervolgens wordt D_{scherm} berekend volgens de formule:

$$D_{scherm} = 10 \lg (0,118 \varepsilon_h f + 3) \quad (2.19)$$

Met:

- f de middenfrequentie van de laagste tertsbands in een octaafband bij berekening in octaafbanden of de middenfrequentie van de tertsbands bij berekening in tertsbanden.

De waarde van D_{scherm} wordt in deze situatie als volgt begrensd:

$$4,8 \leq D_{scherm} \leq 20 \text{ dB}$$

c.2 Bijzondere situatie

Een bijzondere rekenprocedure kan worden gevolgd als een scherm zich relatief dicht bij de bron bevindt (scherm 1) en een ander dicht bij het immissiepunt (scherm 2). Voorwaarde is dat (zie figuur 2.9)

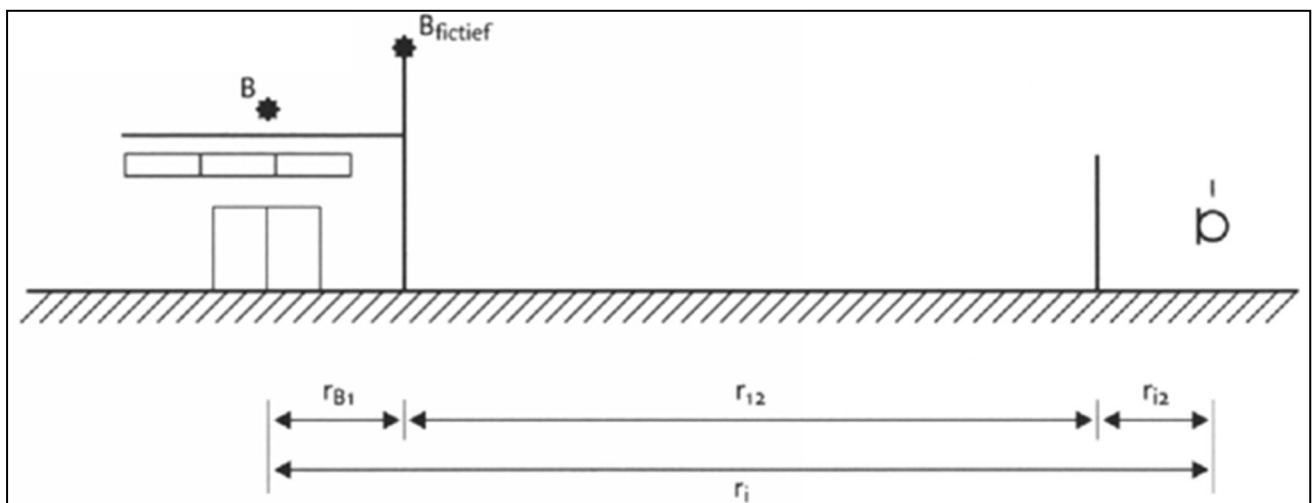
$$r_{B1} < 0,2 r$$

$$r_{i2} < 0,2 r$$

D_{scherm} is nu de som van twee termen.

$$D_{\text{scherm}} = D_1 + D_2$$

Met dien verstande dat $0 \leq D_{\text{scherm}} \leq 40 \text{ dB}$



Figuur 2.9 Toelichting op de geometrie bij een bijzondere situatie.

D_1 wordt bepaald volgens de procedure van het enkele scherm voor scherm 1. Als voor scherm 1 geldt $h_e \geq 0$, dan wordt voor de berekening van D_2 een fictieve bron aangenomen op de top van scherm 1. Is $h_e < 0$, dan wordt geen fictieve bron aangenomen maar wordt met de werkelijke plaats van de bron gerekend. D_2 wordt berekend volgens de procedure van het enkele scherm. Aanbevolen wordt, als de afscherming nabij het immissiepunt groter is dan die bij de bron, de procedure om te draaien en eerst de afscherming nabij het immissiepunt te berekenen en vervolgens met een (fictief) immissiepunt de afscherming bij de bron. Als meer schermen bij bron en/of immissiepunt aan bovenstaande voorwaarde voldoen, worden de schermen met de hoogste waarde voor $(D_1 + D_2)$ gebruikt in de berekening.

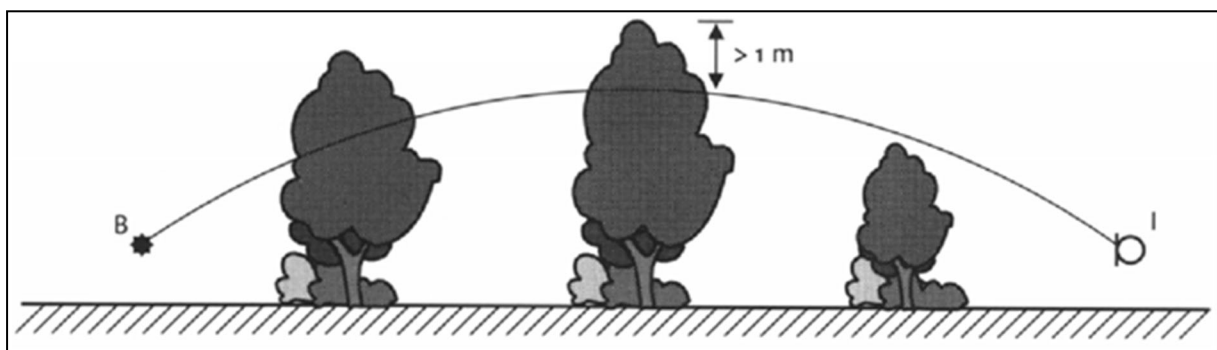
2.9. De term D_{veg}

Als zich in het gekromde geluidpad (zie formule 2.10) van geluidbron naar immissiepunt dichte vegetatie bevindt, bestaande uit een combinatie van bomen, struiken of heesters, zodanig dat het zicht volledig verdwenen is, mag daarvoor een geluidreductie worden gehanteerd. Deze geluidreductie in de overdracht is frequentie-afhankelijk en is opgenomen in tabel 2.4. Als extra eis voor het toepassen van deze reductie geldt dat de hoogte van de vegetatie ten minste 1 m hoger moet zijn dan de hoogte van het gekromde geluidpad ter plaatse van de afscherming (zie figuur 2.10).

In de praktijk zal in uitzonderingsgevallen aan de eisen van ondoorzichtbaarheid worden voldaan. Als verschillende afzonderlijke vegetaties, die voldoen aan deze specificaties, de gekromde straal doorsnijden (regelbeplanting) mag de reductie voor iedere groep afzonderlijk worden toegepast. De reductie geldt zowel voor de zomer als de winter, mits aan de eisen van ondoorzichtbaarheid wordt voldaan. Voor veel beplantingen zal dit in de winter niet het geval zijn. De volgens tabel 2.4 te berekenen reductie mag dan voor de helft in rekening worden gebracht. Verder mag in geen geval met meer dan vier beplantingsstroken worden gerekend.

Tabel 2.4 Geluidreductie die in rekening kan worden gebracht voor één strook dichte vegetatie, die meer dan 1 m boven het gekromde geluidpad van bron naar immissiepunt uitsteekt.

Middenfrequentie octaafbanden [Hz]	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
D_{veg} [dB]	0	0	0	1	1	1	1	2	3



Figuur 2.10 Het gekromde geluidpad gaat door twee 'regels' vegetatie.

2.10. De term $D_{terrein}$

Op industrieterreinen kan, door geluidverstrooiing als gevolg van de aanwezigheid van installaties en objecten op het terrein, een extra verzwakking optreden. Deze wordt samengevat onder de term $D_{terrein}$. Als $D_{terrein}$ in rekening wordt gebracht mag geen schermwerking van schermen op het bedrijfsterrein worden toegepast. $D_{terrein}$ is zeer specifiek voor het type terrein, de dichtheid van obstakels en de hoogte daarvan. Het verdient daarom aanbeveling $D_{terrein}$ door metingen vast te

stellen, waarbij de meethoogte overeen moet komen met de geluidstraal die naar de (verder gelegen) relevante immissiepunten gaat. Voor bedrijven met open procesinstallaties kan voor planningsdoeleinden met drie typen diffuse afschermdende objecten worden gerekend. Hiervoor wordt het volgende indicatieve model gehanteerd.

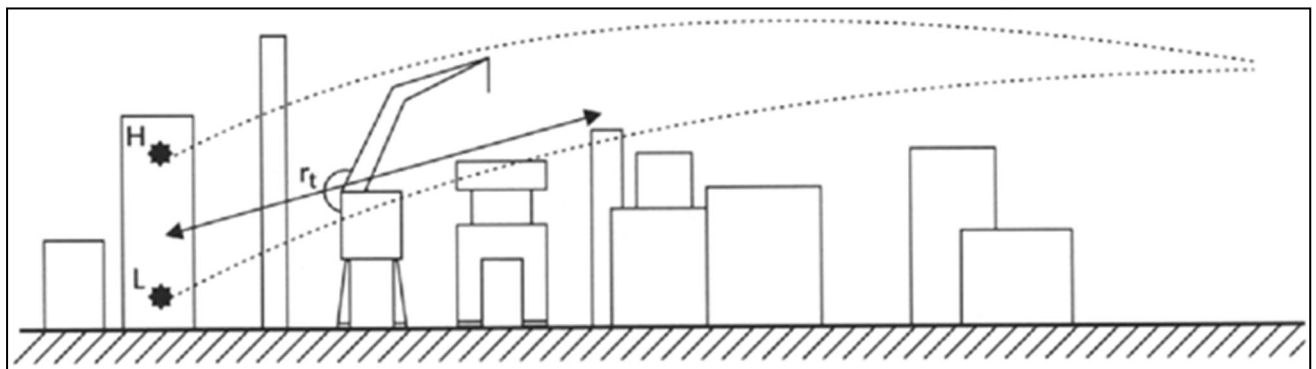
$$D_{\text{terrein}} = t(f) r_t \quad (2.20)$$

$D_{\text{terrein}} \leq D_{\text{max}}$, met

$t(f)$ frequentie-afhankelijke factor voor de geluidverzwakking door industrieterreinen, de indicatieve waarden van $t(f)$ staan in tabel 2.5.

r_t het deel van de gekromde geluidstraal, dat door de 'open' installaties gaat (zie ook figuur 2.11). Als de geluidstraal zich voornamelijk boven de installaties bevindt kan dit deel niet tot r_t worden gerekend.

D_{max} maximale type-afhankelijke dempingswaarden (zie tabel 2.5).



Figuur 2.11 Toelichting r_t .

Tabel 2.5 Geluidverzwakking $t(f)$ in dB/m door verstrooiing door, reflectie tegen, en afscherming door open procesinstallaties (deze tabel is indicatief).

Middenfrequentie octaafbanden [Hz]	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	D_{max} [dB]
type A	0	0	0,02	0,03	0,06	0,09	0,1	0,1	0,1	10
type B	0	0	0,04	0,06	0,11	0,17	0,2	0,2	0,2	20
tankenparken	0	0	0,002	0,005	0,015	0,02	0,02	0,02	0,02	10

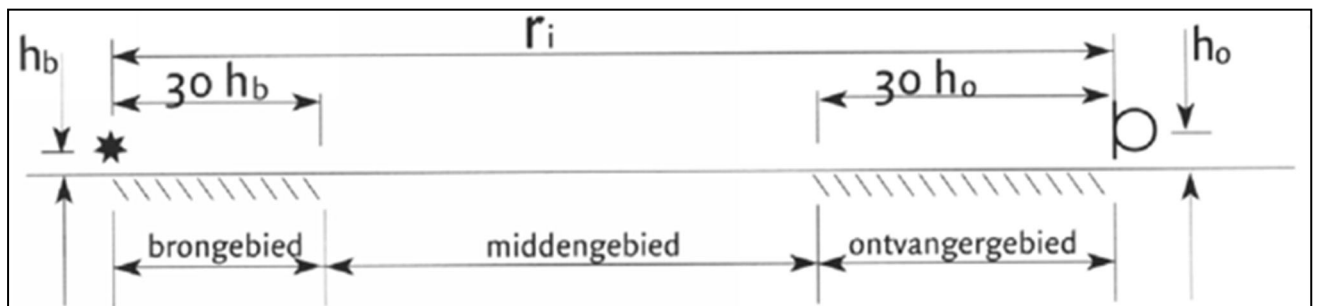
Bovengenoemde typen installaties kunnen worden gedefinieerd als:

- Type A: open procesinstallaties die per 30 m afstand door de installaties een bedekkingsgraad hebben van circa 20%;
- Type B: open procesinstallaties die per 30 m afstand door de installaties een bedekkingsgraad van meer dan 20% hebben.
- Tanken-parken: open procesinstallaties waar vele (opslag)tanks staan opgesteld.

De waarden uit de tabel moeten met de nodige voorzichtigheid worden toegepast en dienen alleen ter indicatie. Als het toepassen van andere waarden (bijvoorbeeld verkregen uit metingen of anderszins) leidt tot betrouwbaarder resultaten, hebben deze de voorkeur.

2.11. De bodemdemping D_{bodem}

In de term D_{bodem} zijn de effecten van absorptie door, reflectie tegen en verstrooiing aan de bodem verdisconteerd. D_{bodem} wordt per octaafband bepaald.



Figuur 2.12 Onderverdeling van bodemgebieden.

2.11.1. Geometrie

In het model wordt een drietal gebieden onderscheiden (zie figuur 2.12).

a. Brongebied

Het gebied dat vanaf de bron in de richting van het immissiepunt een lengte heeft van r_b .

$r_b = 30 h_b$	als $r_i \geq h_b$	(2.21)
$r_b = r_i$	als $r_i < 30 h_b$	

b. Ontvangergebied

Het gebied dat vanaf het immissiepunt in de richting van de bron een lengte heeft van r_o .

$r_o = 30 h_o$	als $r_i \geq h_o$	(2.22)
$r_o = r_i$	als $r_i < 30 h_o$	

c. Middengebied

Dit is het gebied tussen bron- en ontvangergebied. Overlappen het bron- en ontvangergebied elkaar dan wordt geen middengebied verondersteld.

2.11.2. Aard van de bodem

De volgende bodemtypen worden onderscheiden met behulp van de bodemfactor B .

a. Harde bodems: $B = 0$

Harde bodems zijn alle bodems die bestaan uit asfalt, bestrating, water, beton en alle bodems waarop veel reflecterende en geluidverstrooiende objecten staan zoals open procesinstallaties en dergelijke. Vele industrieterreinen zijn als hard aan te merken.

b. Absorberende bodems: $B = 1$

Absorberende bodems zijn alle bodems waarop vegetatie voor kan komen met weinig of geen geluidverstrooiende objecten. Voorbeelden zijn grasland, akkerland met en zonder gewas, bossen, heide, tuinen.

c. Gedeeltelijk absorberende bodems: $B = n/100$

Als een gebied voor $n\%$ uit absorberende bodem bestaat, dan is de bodemfactor

$$B = n/100 \quad (2.23)$$

2.11.3. Berekening van D_{bodem}

De term D_{bodem} is uit een drietal deeltermen opgebouwd die het effect van de bodem in het bron-, en immissiegebied en eventueel het middengebied aangeven.

$$D_{bodem} = D_{b,br} + D_{b,ont} + D_{b,mid} \quad (2.24)$$

De berekening van $D_{b,br}$ en $D_{b,ont}$ is volledig analoog. De berekening van het effect van het middengebied gaat op een andere wijze.

Tabel 2.6 De bodemverzwakking in het bron- en immissiegebied.

Middenfrequentie octaafband [Hz]	$D_{b,br}$ of $D_{b,ont}$ [dB]
31,5	-3
63	-3
125	$-1 + B_b (a(h) + 1)$
250	$-1 + B_b (b(h) + 1)$
500	$-1 + B_b (c(h) + 1)$
1.000	$-1 + B_b (d(h) + 1)$
2.000	$-1 + B_b$
4.000	$-1 + B_b$
8.000	$-1 + B_b$

waarbij wordt verstaan onder:

$$a(h) = 3,0e^{-0,12(h-5)^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right) + 5,7e^{-0,09h^2} \left(1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6} r_i^2}\right)$$

$$b(h) = 8,6e^{-0,09h^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$$

$$c(h) = 14,0e^{-0,46h^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$$

$$d(h) = 5,0e^{-0,90h^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$$

Opmerking: voor $h = h_o = 5$ m geldt:

$$a(5) = 3,0 \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right) + 0,6 \left(1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6} r_i^2}\right) \quad (2.25)$$

$$b(5) = 0,9 \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$$

$$c(5) = 0,0$$

$$d(5) = 0,0$$

De term $D_{b,br}$

$D_{b,br}$ wordt berekend uit de afstand r_i tussen bron en immissiepunt, de bodemfactor B_b van het brongebied en de (gecorrigeerde) bronhoogte h . De bodemfactor B_b blijft betrokken op de echte bronhoogte h_b .

De hoogte h is gelijk aan de bronhoogte tenzij er afscherming optreedt met een positieve verticale omweg ($D_{scherm} \geq 4,8$) en bovendien de bronhoogte minder dan 5 m bedraagt. In dat geval geldt:

$h = h_b$	als $h_b \geq 5$ m of $h_e \leq 0$	(2.26)
$h = h_b + (r_i - r_{bs})h_e / r_i$	als $h_b < 5$ m en $h_e > 0$	

De term $D_{b,ont}$

De berekening van $D_{b,ont}$ is analoog aan $D_{b,br}$ (zie tabel 2.6).

De term $D_{b,mid}$

De verzwakking ten gevolge van het middengebied wordt bepaald uit de bodemfactor van het middengebied B_m en de factor m (zie tabel 2.7).

Tabel 2.7 De bodemverzwakking in het middengebied.

Middenfrequentie octaafband [Hz]	$D_{b,mid}$ [dB]
31,5 en 63	-3 m
125 en hoger	+3 m ($Bm - 1$)

waarbij wordt verstaan onder:

$$m = 0 \text{ als } r_i \leq 30(h_b + h_o)$$

$$m = 1 - 30(h_b + h_o)/r_i \text{ als } r_i > 30(h_b + h_o)$$

2.12. Dampingterm voor woongebieden D_{huis}

Voor het bepalen van een gemiddelde dampingterm voor woongebieden kan gebruik worden gemaakt van de ICG rapporten GF-HR-01-03 (1989) en GF-HR-01-05 (1989). Met die methode kan voor een specifieke stedenbouwkundige situatie de term D_{huis} worden berekend, zijnde een gemiddelde waarde voor het betreffende gebied.

2.13. De meteocorrectieterm C_{meteo}

De meteocorrectie voor windturbines wordt vastgesteld volgens de formule:

$$C_{\text{meteo}} = 0 \text{ voor } r \leq 10(h_b + h_o) \quad (2.27)$$

$$C_{\text{meteo}} = 5 \left[1 - 10 \left(\frac{h_b + h_o}{r} \right) \right] \left[1 - \frac{1}{2} \cos (\beta - 45^\circ) \right] \text{ voor } r > 10(h_b + h_o)$$

waarbij wordt verstaan onder:

- β hoek tussen het noorden en de verbindinglijn tussen bron en ontvanger (in graden)
- h_b bronhoogte met $h_b = H$
- h_o ontvangerhoogte
- r horizontale afstand tussen bron en ontvanger

3. Definities

3.1. Symbolen

Symbool	Eenheid	Omschrijving
ΔL	dB	Correctiefactor voor de richtwerking van windturbines
a_{lu}	dB/m	Luchtabsorptiecoëfficiënt
B	–	Bodemfactor
B_b	–	Bodemfactor van het brongebied
B_m	–	Bodemfactor van het middengebied
B_o	–	Bodemfactor van het ontvangergebied
C_{meteo}	dB	Meteocorrectieterm
D	m	Rotordiameter
d	m	Diameter cilinder
$D_{b,br}$	dB	Bodemverzwakking in het brongebied
$D_{b,mid}$	dB	Bodemverzwakking in het middengebied
$D_{b,ont}$	dB	Bodemverzwakking in het ontvangergebied
D_{bodem}	dB	Demping ten gevolge van de bodem
D_{geo}	dB	Afname van het geluidniveau door geometrische uitbreiding
D_{lucht}	dB	Afname van het geluidniveau door absorptie in lucht
D_{max}	dB	Maximale type-afhankelijke dempingswaarden
D_{refl}	dB	Afname door reflectie tegen obstakels (deze term is negatief)
D_{scherm}	dB	Afname ten gevolge van afscherming door obstakels
$D_{terrein}$	dB	Afname door demping t.g.v. installaties op het industrieterrein
D_{veg}	dB	Afname vanwege geluidverstrooiing aan en absorptie door vegetatie
f	Hz	Frequentie
H	m	Verticale afstand tussen het maaiveld en het middelpunt van de rotor
h_b	m	Bronhoogte = H
h_e	m	Effectieve schermhoogte
h_m	m	Hoogte van meetpunt ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_{ma}	m	Hoogte maaiveld ten opzichte van referentievlak
h_o	m	Beoordelingshoogte ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_{sr}	m	Hoogte van het scherm ten opzichte van referentievlak

Symbol	Eenheid	Omschrijving
i	–	1,2...9 (oktaafband 31,5 Hz, 63 Hz ... 8000 Hz)
j	–	Integer windsnelheden op ashoogte, gelegen tussen v_{ci} en v_{co}
$L_{Aeq,k}$	dB(A)	Gemeten equivalente geluidniveau op meetpunt met index k
L_{eq}	dB(A)	Geluidniveau van de turbine
L_{CUM}	dB(A)	Gecumuleerd hinderequivalent geluidniveau
L_{eq*}	dB(A)	Geluidniveau van de windturbine inclusief stoorgeluid
L_{stoor}	dB(A)	Stoorgeluid bij uitgeschakelde turbine (achtergrondgeluid)
L_E	dB(A)	Jaargemiddeld geluidvermogen in octaafband i per beoordelingsperiode
$L_{W,i,j}$	dB(A)	Bronsterkte per octaafband i en per windsnelheidsklasse j
L^*_{xx}	dB(A)	Hinderequivalente geluidbelasting, xx=LL (luchtvaart), RL (railverkeer), VL (wegverkeer), IL (industrie), WT (windturbine)
N	–	Fresnelgetal
p	p	Luchtdruk
p_{ref}	kPa	Referentie luchtdruk; veelal $p_{ref} = 101,3$ kPa
R_0	m	Horizontale afstand tussen P_k en de verticale hartlijn van de mast
R_1	m	Kortste afstand tussen meetpunt P1 en het middelpunt van de rotor
r_{bm}	m	Afstand bron tot het midden van de cilinder m
r_{br}	m	Afstand van de bron tot het reflecterend object
r_i	m	Afstand tussen het broncentrum en het immissiepunt
R_k	m	Afstand van meetpunt met index k tot het middelpunt van de rotor
r_{or}	m	Afstand van het immissiepunt tot het reflecterend object
r_t	m	Deel van de gekromde geluidstraal, dat door de ‘open’ installaties gaat
T	T	Luchttemperatuur
$t(f)$	dB/m	Factor voor de geluidverzwakking door industrieterreinen
T_{ref}	K	Referentie luchttemperatuur; veelal $T_{ref} = 288$ K
U_j	%	Frequentie van voorkomen van windsnelheid j op ashoogte per periode
V_A	m/s	Windsnelheid op 5-10 m hoogte boven het maaiveld
V_{ci}	m/s	Laagste windsnelheid waarbij de turbine in bedrijf is
V_{co}	m/s	Hoogste windsnelheid waarbij de turbine in bedrijf is

Symbol	Eenheid	Omschrijving
V_D	m/s	Windsnelheid, afgeleid van de power curve
V_H	m/s	Gecorrigeerde windsnelheid op ashoogte
V_{rated}	m/s	Windsnelheid, waarbij de turbine juist het nominale vermogen levert
α_k	°	Hoek tussen windrichting/rotoras en de lijn tussen bron en ontvanger
β	°	Hoek tussen het noorden en de verbindinglijn tussen bron en ontvanger
ΔD	dB	Tophoekcorrectie
ε_h	m	Horizontale omweg om scherm
ε_v	m	Verticale omweg om scherm
ρ	–	Reflectiecoëfficiënt
ψ	°	Supplement van de hoek tussen de lijnen B-m en l-m

3.2. Begrippen

Begrip	Omschrijving
Avondperiode	De beoordelingsperiode van 19.00 tot 23.00 uur
Beoordelingshoogte	De hoogte van het beoordelingspunt boven het maaiveld
Beoordelingspunt	Het punt waar de geluidbelasting wordt berekend en getoetst aan (eventuele) grenswaarden
Dagperiode	De beoordelingsperiode van 07.00 tot 19.00 uur
Equivalent geluidniveau	$L_{Aeq} = 10 \lg \left\{ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2}{p_0^2} dt \right\}$ waarbij wordt verstaan onder: pAA-gewogen momentane geluiddruk p0referentiegeluiddruk van 20 µPa
Invallend geluidniveau	Het geluidniveau dat op een gevel invalt zonder dat hierbij de eigen gevelreflectie betrokken wordt
Monopool	Rondom gelijk uitstralende puntbron
Nachtperiode	De beoordelingsperiode van 23.00 tot 07.00 uur
Referentierichting	Richting die samenvalt met de rotoras (benedenwinds)

Begrip	Omschrijving
Richtingsindex	Het in een bepaalde richting uitgestraalde geluidvermogen, verminderd met het geluidvermogen dat in referentierichting wordt uitgestraald
Stoorgeluid	Het op een emissiemeetpunt optredende geluid, veroorzaakt door andere geluidbronnen dan de windturbine
Vermogenscurve	Het verband tussen het elektrisch vermogen en de windsnelheid op ashoogte bij standaard atmosferisch omstandigheden

BIJLAGE XVIIIa BIJ ARTIKEL 5.54 VAN DEZE REGELING (RISICOMATRIX)

1. Algemene informatie

Project omschrijving:	
Kenmerk:	
Locatie project:	
Verantwoordelijke:	
Veiligheidscoördinator:	
Datum invullen matrix:	
Datum overleg met bevoegd gezag:	

2. Voorvragen risicomatrix

	Indieningsvereiste bij meldingen sloop en bouw en vergunningen voor de bouwactiviteit op grond van de Omgevingswet ¹	
	Onderwerp	ja/nee
1	Veiligheid omgeving en omringende bebouwing	
	Is het gebied dat wordt gebruikt om veilig te kunnen bouwen/slopen (de bouwveiligheidszone ²) groter dan het eigen bouwterrein, wordt er hoger gebouwd/gesloopt dan direct aanpalende bouwwerken of wordt er gebouwd/gesloopt waardoor bouwwerken of bedrijven zoals chemie, data-centrum, spoor, tram, scholen risico lopen om te worden beïnvloed door de werkzaamheden?	
2	Veiligheid verbouw ingebruik blijvend pand	
	Heeft de bouw/verbouw/sloop inclusief tijdelijke hulpconstructies en bouwplaatsinrichting invloed op de brandveiligheid, de vluchtroutes, en de opstelplaatsen voor hulpdiensten in en om het in gebruik blijvende pand?	
3	Veiligheid buiten de bouwveiligheidszone	
	Heeft de bouw/sloopsystematiek, het opstellen van hulpmiddelen in de bouwveiligheidszone en/of het gebruik van hijsmiddelen aan de rand van het bouwterrein invloed op de veiligheid buiten de bouwveiligheidszone?	
4	Invloed op bereikbaarheid omgeving tijdens de realisatiefase	
	Heeft het project invloed op loopstromen, doorstroming openbaar vervoer, hoofdverkeersroutes, parkeervoorzieningen, en/of is er sprake van complexe aan of afvoer van bouwmaterialen of is er gelijktijdigheid met andere projecten of evenementen waardoor de bereikbaarheid in het geding is?	
5	Schade aan belendingen of natuur	
	Bestaat er kans op schade aan belendingen of natuur in de nabijheid van het project door bijvoorbeeld trillingen, het onttrekken van grondwater en of zettingen?	

¹ deze matrix is niet van toepassing bij een sloopmelding waarbij er minder dan 10 m³ sloopafval-m³ sloopafval is (zie artikel 7.11, eerste lid, onder f, van het Bbl).

² De bouwveiligheidszone is het gedeelte van de aan het bouw- of sloopwerk grenzende gebied (zowel boven als onder de grond) waarin geen publiek aanwezig mag zijn, bepaald volgens paragraaf 6.2 van de Landelijke richtlijn bouw- en sloopveiligheid (zie artikel 7.15, tweede lid, van het Bbl).

Als één of meer vragen met ja worden beantwoord, wordt de uitgebreide risicomatrix ingevuld.

3. Uitgebreide risicomatrix

Punten per aspect:

1= laag risico

2= matig risico

3= hoog risico

4= zeer hoog risico

Voor toelichting per aspect, zie Beoordelingstoelichting.

Onderwerp	Beoordelingsaspecten	Punten
1 Omgevingsfactoren	Veiligheid Bouwterrein, directe omgeving en omringende bebouwing	
1.1	Bouwveiligheidszone groter dan bouw/sloopterrein (voetpad(en), fietspad(en), straat binnen invloedsfeer).	
1.2	Te bouwen/slopen bouwwerk hoger dan aanpalende panden.	
1.3	Het uitvoeren van werkzaamheden in nabijheid van bedrijven of locaties die naar redelijke inschatting een risico kunnen opleveren voor de veiligheid van deze locaties, bijvoorbeeld bij: chemiebedrijf, datacentrum, spoorwegen, tramhaltes, nutsvoorzieningen, ambassades, en dergelijke.	
1.4	Bouwen/slopen boven ingebruik zijnde bouwdelen (bijv. parkeergarage, winkelcentrum, openbaar vervoervoorziening, spoorbaan, bovenleiding).	
	Gemiddeld risico	
2 Gebruiksfactoren	Veiligheid verbouw ingebruik blijvend pand gedurende het gehele bouw of sloopproces	
2.1	Brandveilig gebruik waarborgen.	
2.2	Vluchtroutes waarborgen.	
2.3	Opstelplaatsen hulpdiensten i.r.t. bouw- of sloopterrein.	
2.4	Constructieve verantwoording (Stabiliteit object, hulpconstructies welke van invloed zijn op derden).	
	Gemiddeld risico	

3 Relatie Arbo veiligheid/ veiligheid directe omgeving	Veiligheid op en rondom de bouw/sloopplaats	
3.1	Ruwbouw/sloop (systematiek).	
3.2	Hulpmiddelen in de veiligheidzone. Zijn er in de bouwveiligheidszone andere hoge objecten waardoor er mogelijk een wegkaatsrisico ontstaat (bv. bouwlift, (hef-)steiger of containers naast bouwhek), zie paragraaf 6.2.8 van de Landelijke richtlijn bouw- en sloopveiligheid.	
3.3	Gebruik hijsmiddelen in randzones die mogelijk van invloed zijn buiten veiligheidszone.	
3.4	Kan de hijslast binnen zijn draaibereik boven openbaar gebied komen?	
	Gemiddeld risico	
4 Bereikbaarheid, verkeersveiligheid	Invloed op bereikbaarheid	
4.1	Loopstromen (economisch en stedelijk belangrijke / cruciale verbindingen).	
4.2	Openbaar vervoer doorstoming, aanpassing dienstregeling.	
4.3	Hulpdiensten permanente toegankelijkheid bouwplaats en omgevingobjecten.	
4.4	Hoofdroutes, ster- en fietshoofdroutes, parkeerroutes en routes van openbaar vervoer.	
4.5	Economisch belangrijke voorzieningen.	
4.6	Aan- en afvoer bouwverkeer en Opstelplaatsen en afroepplaatsen.	
	Gemiddeld risico	
5 Schade en bescherming waarden	Kans op schade aan belendingen of natuur aannemelijk?	
5.1	Bouwkundige en constructieve stabiliteit van het eigen pand en de panden in de invloedssfeer in de omgeving.	
5.2	Monumentale waarde, beschermd stadsgezicht, beschermde flora en fauna, bomen.	
5.3	Inschatting van trillingen.	
5.4	Bemaling grondwater onttrekking.	
5.5	Zettingen (opstallen en voor kabels en leidingen ondergrond en bovengronds risico op elektrocutie, explosie, brand).	
	Gemiddeld risico	
6 Hinder/samenloop	Kans op hinder/ samenhang andere projecten	
6.1	Geluid (maximale blootstellingsduur en dagwaarden).	
6.2	Trillingshinder.	
6.3	Stofhinder.	
6.4	Werktijden.	
6.5	Samenhang met andere projecten/evenementen.	
	Gemiddeld risico	
	Uitslag risicoinschatting totaal 1 t/m 6	

Beoordelingstoelichting	
1 Veiligheid Bouwterrein omgeving en omringende bebouwing	
1.1	Denk hierbij aan de relatie tussen bouwplaats en gebruik openbare ruimte. Als de bouwveiligheidszone (BVZ) ruimte in de openbare zone nodig heeft is er sprake van een risico. Schat in of die extra ruimte beschikbaar gemaakt kan worden. Vaak zal de intensiteit van het gebruik van die benodigde ruimte de kans van slagen sterk beïnvloeden. Let op de detaillering van de bouwkuip met bijvoorbeeld een talud waardoor de belastbaarheid van de omliggende weg afneemt. De bouwveiligheidszone dient te worden bepaald op basis van paragraaf 6.2 van de Landelijke richtlijn bouw- en sloopveiligheid.
1.2	Zijn de omringende bouwwerken lager dan het nieuw te bouwen bouwwerk dan worden de risico's en de impact ten gevolgen van vallende delen op die belendingen groter naarmate het hoogteverschil toeneemt?
1.3	Zijn er in de omgeving gebruiksfuncties of voor omgevingsinvloeden gevoelige gebouwen of bedrijven (bijv. theater, ziekenhuis, kindercentra, datacentrum) die door de werkzaamheden meer dan gemiddelde last of hinder kunnen ondervinden in het functioneren?
1.4	Omdat er zich geen publiek in of onder de bouwveiligheidszone mag bevinden moeten alle bouwdelen in de veiligheidszone vrijgemaakt worden van publiek tijdens de werkzaamheden (zoals blijkt uit paragraaf 6.2 van de Landelijke richtlijn bouw- en sloopveiligheid, waar naar verwezen wordt in artikel 7.15, tweede lid, van het Bbl). Schat in welke effect dit heeft en of het verantwoord of uitvoerbaar is.
2 Veiligheid verbouw ingebruik blijvend pand gedurende het gehele bouw of sloopp proces	
2.1	Beoordeel of bestaande brandscheidingen, BMI-installaties/sprinklerinstallaties, droge blusleidingen moeten worden aangepast terwijl deze nog in gebruik zijn.
2.2	Worden door bouwwerkzaamheden de vluchtroutes geblokkeerd? Denk hierbij aan scholen waarbij een nooduitgang tijdelijk wordt dichtgezet i.v.m. bouwactiviteiten?
2.3	Worden door bouwwerkzaamheden bluswatervoorzieningen geblokkeerd door bijvoorbeeld stalen rijplaten? Zijn er opbrekingen / obstakels op het bouwterrein waardoor de bereikbaarheid van de bluswatervoorziening niet te gebruiken is?
2.4	Waarom ontleent het pand zijn stabiliteit tijdens de aanpassingen? Zijn hiervoor hulpconstructies nodig? En zo ja, welke gevolgen hebben die hulpconstructies? Heeft de hulpconstructie extra ruimte nodig in de bouwveiligheidszone? In geval van sloop houdt de sloopvolgorde rekening met de ~~stabiliteit~~ <u>stabiliteit</u> (rest stabiliteit)?
3 Veiligheid op de bouwplaats	
3.1	Wat voor bouwsystematiek wordt er toegepast (wanden / breedplaat / prefab (grote elementen) tunnelbekisting of kanaalplaat)? Voor de risico inschatting geldt in het algemeen dat hoe minder hijsbewegingen hoe minder risico's. En denk hierbij ook aan de hulpconstructies zoals tunnels, wandkisten, (klim) steigers die ook verplaatst dienen te worden. Traditionele bouw met grote elementen geeft hierbij een hoger risico ten opzichte van prefab-sandwich systemen.

3.2.	Beoordeel of zich in de bouwveiligheidszone andere hoge objecten bevinden waardoor er mogelijk een wegkaatsrisico ontstaat voor kleinere en grotere valobjecten. (bv. bouwlift, (hef) steiger of containers naast bouwhek)?
3.3	Benoem de hijsgebieden en leg deze vast in het veiligheidsplan. Alleen vanaf deze plaats mag een hijslast gehesen worden. Bevindt het hijsgebied zich dicht op de rand van de veiligheidszone dan nemen de risico's buiten dat gebied mogelijk toe. Zie er op toe dat er ook alleen op die plaatsen gehesen wordt. (uiteraard mag dat alleen met gecertificeerde hijsmiddelen en medewerkers). ~~Indien~~ ~~Indien~~ er gewerkt wordt met mobiele verrijdbare hijsmiddelen moeten er maatwerkafspraken gemaakt worden over het gebruik van deze middelen.
3.4	Is er een mogelijkheid dat zich een hijslast boven de openbare straat kan bevinden, dan is er sprake van een hoog risico. Een oplossing om dit hoge risico weg te nemen is door softwarematige hijslastbegrenzing toe te passen.
4 Invloed op bereikbaarheid tijdens de realisatiefase	
4.1	Zijn er loopstromen die niet kunnen worden omgelegd waardoor deze (deels) binnen het bebouwingsgebied vallen, en er hiervoor specifieke oplossingen moeten worden gerealiseerd, zoals een overkluizing of overdekt wandel/fietspad?
4.2	Worden er routes van bus of tram gehinderd of belemmerd? Bij werkzaamheden in de directe nabijheid van tramspoor geldt aanvullend een vergunningplicht op basis van artikel 12 van de Wet lokaal spoor. Bij treinverbinding moet rekening gehouden worden met de Spoorwegwet (tijdig overleg met netbeheerder Pro Rail).
4.3	Schat in of hulpdiensten in de verschillende bouwfasen altijd kunnen beschikken over voldoende rijloper.
4.4	Heeft het initiatief effect op het hoofdverkeersnetwerk van de stad dan dient tijdige afstemming met de wegbeheerder plaats te vinden.
4.5	Heeft het bouwplan invloed op ambassades, musea, rioolpompstations, trafostation, hogedrukdrugsleidingen en dergelijke.
4.6	Is er logistieke opslag ruimte op locatie beschikbaar? Of is de locatie dermate beperkt dat er "Just in time" aangeleverd moet worden met buffer / opstelplaatsen elders.
5 Kans op schade aan belendingen of natuur aanneemelijk?	
5.1	Beoordeel de risico's van trillingen op de constructieve samenhang en opbouw van de panden in de invloedssfeer. Is er reeds sprake van scheuren en/of zettingen. Welk type fundering is toegepast? Zijn er kelders/gewelven?
5.2	Beoordeel het risico van aantasting van de beschermde situatie tijdens de realisatie, bijv. is het een beschermd gebied, beschermde dieren, waterwingebied, broedseizoen en bomen. (denk bijvoorbeeld aan verlichting welke overlast kan geven).
5.3	Welke technieken worden toegepast bij realisatie? Welke trillingsniveaus zijn te verwachten en welke risico's geeft dit voor de omgeving (trillingpredictierapport? Denk hierbij aan de afstand van de bron tot de belending).
5.4	Beoordeel hoever de invloed reikt van de bemaling en of deze op basis van de grondopbouw een risico oplevert. Is er sprake van een open of gesloten bemaling en moet er retourbemaling worden toegepast. Welke mate van risico geeft grondwaterstand verlaging aan de omgeving. Denk hierbij ook aan mogelijk vervuilde grond binnen de beïnvloedingssfeer. Is er duidelijkheid over het debiet mogelijk is er een watermelding/- vergunning nodig?
5.5	Beoordeel de grondopbouw en de daarbij behorende risico's op zetting zoals veen lagen. Denk hierbij aan objecten in de ondergrond zoals riool, duikers, gewelven. Is er een klik- melding gedaan en zijn hier risico's aan verbonden. Inventariseer hierbij ook of er sprake is van kabels en leidingen boven de grond in de invloedssfeer.
6 Kans op hinder/samenhang andere projecten	
6.1	Kijk naar gebruik materieel, toegepaste technieken en predictie waarden op het gebied van geluid en ~~tijds~~ ~~duur~~ ~~tijdsduur~~ van werkzaamheden. Worden de beste beschikbare technieken toegepast in het kader van geluidsreductie? Is er een nulmeting gedaan van het standaard aanwezige omgevingsgeluid. Kan er bij overschrijdingen ontheffingen verleend worden voor de tijdsduur (zie hoofdstuk 7 Besluit bouwwerken leefomgeving en de Landelijke richtlijn bouw- en sloopveiligheid).
6.2	Met dit punt wordt enkel de hinderbeleving van omwonende/ belanghebbende bedoeld. Inventariseer welke technieken bij (hulp) constructies toegepast worden en schat in en/of laat predictierapporten maken met betrekking tot de toegestane hinder van trillingen.
6.3	Is er stof te verwachten? Wordt de beste techniek toegepast en of worden er preventieve maatregelen genomen om stofhinder te voorkomen. Denk hierbij aan vernevelen/ nat houden, dichte schuttingen, gevel lang gesloten houden, zagen in plaats van hakken e.d.
6.4	Wil men buiten reguliere werktijden (7:00 -19:00 maandag t/m zaterdag) werken omdat het echt niet anders kan? Voor het werken buiten de (reguliere) tijden kan ontheffing verleend worden door bevoegd gezag.
6.5	Zijn er in de directe omgeving andere projecten/werkzaamheden nu, dan wel gelijktijdig, in uitvoering met dit project, en zo ja, hebben de private partijen dan hun volgorde van uitvoering onderling vastgelegd? Zij dienen dit onderling met elkaar af te stemmen en vast te leggen.

Uitslag risicoinschatting	
Puntenaantal = 6 tot en met 11	Geen bouw- of sloopveiligheidsplan nodig
Puntenaantal = 12 of meer	Veiligheidsplan opstellen, gegevens veiligheidscoördinator aanleveren bij het indienen van de vergunningaanvraag of doen van een melding

BIJLAGE XVIIIc BIJ DE ARTIKELEN 6.9, EERSTE LID, EN 8.26, EERSTE LID, VAN DEZE REGELING (REKENMETHODE GELUID CIVIELE BUITENSCHIETBANEN, MILITAIRE BUITENSCHIETBANEN EN MILITAIRE SPRINGERTERREINEN)

1. Inleiding

Deze rekenmethode is van toepassing op de berekening van het geluid van civiele buitenschietschietbanen, militaire buitenschietschietbanen en militaire springterreinen. De rekenmethode bestaat uit deze bijlage in combinatie met vijf gegevensbestanden die voor de rekenmethode worden toegepast. Deze gegevensbestanden zijn niet vrij beschikbaar.

Daarnaast zijn twee programma's nodig: *ShowdB* en *ShowKog*. Met het programma *ShowdB* kunnen de gegevensbestanden worden bekeken en kan de afhankelijkheid van de verschillende parameters die hierbij een rol spelen zichtbaar worden gemaakt. Met het programma *ShowKog* wordt de uitbreiding van kogel- en mondingsgeluid gevisualiseerd. Deze programma's zijn ook niet algemeen beschikbaar. Verdere achtergrondinformatie en wetenschappelijke onderbouwing is te vinden in handboeken en in onderzoeksrapporten van TNO die bij het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat opvraagbaar zijn.

In bepaalde gevallen kan het geluid van een civiele buitenschietschietbaan ook worden berekend volgens de eenvoudigere methode beschreven in bijlage XXVIII d. Het gaat om eenvoudige situaties bij kleiduivenbanen en schermenbanen die voldoen aan de in het toepassingsbereik van die bijlage genoemde specificaties.

2. Definities en begrippen

2.1. Schietgeluid

Voorbeelden van schietgeluid zijn schoten met vuurwapens en detonaties van handgranaten, projectielen en bommen. Ook het geluid dat ontstaat bij gebruik van wapen- of knalsimulatoren valt hieronder. Een voorbehoud moet worden gemaakt voor zware vliegtuigbommen, aangezien het frequentiegebied hierbij zo laag is, dat het model vooralsnog niet kan worden toegepast (zie ook paragraaf 4.2).

2.2. Akoestische grootheden

In deze rekenmethode wordt een groot aantal akoestische begrippen gebruikt. In paragraaf 2.10 is een overzicht gegeven van de symbolen, die hiervoor worden gebruikt. Hieronder worden van de belangrijkste begrippen de definities gegeven, die specifiek voor schietgeluid worden gebruikt. Voor de overige akoestische begrippen wordt verwezen naar akoestische handboeken; frequentiewegingen zijn gedefinieerd in IEC 60651.

Momentane geluiddruk: p [Pa]

De (momentane) geluiddruk in een geluidveld is gedefinieerd als de totale druk verminderd met de statische druk. De geluiddruk varieert met de tijd en met de positie.

Geluidexpositie: E [Pa^2s]

De geluidexpositie E van een geluidpuls is gedefinieerd als de tijdsintegraal van het kwadraat van de momentane geluidsdruk $p(t)$ over de tijdsduur T van de geluidpuls:

$$E = \int_0^T p^2 dt \quad (2.1)$$

Hierbij wordt in het algemeen een frequentieweging toegepast op het geluidsdruksignaal $p(t)$. In deze rekenmethode worden de A-weging en de C-weging toegepast.

Geluidexpositieniveau: L_E [dB(A) of dB(C)]

Het geluidexpositieniveau L_E is gedefinieerd als tien keer de logaritme met grondtal 10 van de verhouding van de geluidexpositie E en een referentiewaarde $E_0 = (20\mu\text{Pa})^2\text{s}$:

$$L_E = 10 \lg(E/E_0) \quad (2.2)$$

De frequentieweging wordt aangegeven door een extra subscript, dus L_{AE} of L_{CE} voor de A-weging resp. de C-weging.

Bronniveau: L_{Eb}

Het bronniveau L_{Eb} van een puntbron is in deze gedefinieerd als:

$$L_{Eb} = L_E + 10 \lg 4\pi r^2 \quad (2.3)$$

waarin L_E het geluidexpositieniveau is op een afstand r van de bron in een homogeen verliesvrij medium. In deze rekenmethode wordt gerekend in octaafbanden, en de bronniveaus worden dus per octaafband opgegeven. Deze definitie is alleen van toepassing op mondingsgeluid en detonatiegeluid, die door puntbronnen worden gerepresenteerd. Voor kogelgeluid wordt een andere definitie van het bronniveau gehanteerd (zie paragraaf 4.6.1).

2.3 Meteorologische grootheden

Bij de rekenmethode wordt de (hinder-relevante) geluidbelasting bepaald als een gemiddelde over verschillende meteorologische klassen. Hierbij wordt dus rekening gehouden met het feit dat de geluidoverdracht sterk afhankelijk is van de plaatselijke weersomstandigheden. De verschillende meteorologische klassen worden getypeerd door het effectieve geluidsnelheidsprofiel. In deze paragraaf worden de definities gegeven van de grootheden die hierbij een rol spelen.

Windsnelheid: u [m/s]

De windsnelheid is aan sterke fluctuaties in de tijd onderhevig. Voor een beschrijving van de toestand van de atmosfeer wordt van de gemiddelde windsnelheid uitgegaan, waarbij gemiddeld is over een

periode van typerend 5 minuten. De windsnelheid neemt over het algemeen met de hoogte toe. In de rekenmethode wordt ervan uitgegaan dat de gemiddelde windsnelheid in het geluidpad niet met de horizontale positie varieert. Met name bij land-waterovergangen kan dit echter wel het geval zijn. De methode is dan niet zonder meer toepasbaar. In deze rekenmethode wordt alleen de horizontale component van de windsnelheid gebruikt, aangeduid met het symbool u .

Temperatuur: t [°C] en T [K]

De temperatuur is aan fluctuaties in de tijd onderhevig. Voor een beschrijving van de toestand van de atmosfeer wordt van het gemiddelde uitgegaan, waarbij gemiddeld is over een periode van typerend 5 minuten. In de rekenmethode is ervan uitgegaan dat de gemiddelde temperatuur in het geluidpad alleen met de hoogte varieert. Met name bij land-waterovergangen treden ook horizontale temperatuurverschillen op. De methode is dan niet zonder meer toepasbaar. Zowel de temperatuur in graden Celsius als de absolute temperatuur in Kelvin worden gebruikt.

Windrichting: φ [°]

De windrichting is de richting van waaruit de wind komt. De windrichting wordt uitgedrukt in graden ten opzichte van het noorden (kloksgewijs). Westenwind komt dus overeen met 270°.

Effectieve geluidsnelheid: c_{eff} [m/s]

De effectieve geluidsnelheid, dat is de snelheid waarmee een geluidsgolf zich in de atmosfeer voortplant, wordt bepaald door de absolute temperatuur T , de horizontale windcomponent u , en het hoekverschil tussen de windrichting φ en de richting ϑ waarin het geluid zich voortplant (φ en ϑ zijn hoeken ten opzichte van het geografische noorden; dus bv. $\varphi = 90^\circ$ voor oostenwind, en $\vartheta = 90^\circ$ voor geluidvoortplanting van west naar oost).

$$c = 20.064\sqrt{T} + u \cos(\varphi - \vartheta - 180^\circ) \quad (2.4)$$

De geluidsnelheid is dus gelijk aan de som van de ‘thermische geluidsnelheid’ en de vectorwind, de component van de wind in de geluidvoortplantingsrichting. In deze rekenmethode wordt de aanduiding ‘effectief’ meestal weggelaten, en wordt de ‘effectieve geluidsnelheid’ als de ‘geluidsnelheid’ aangeduid. In overeenstemming hiermee wordt het symbool c gebruikt in plaats van c_{eff} .

Geluidsnelheidsprofiel: $c(h)$ [m/s]

Het verloop van de effectieve geluidsnelheid met de hoogte (h) wordt aangeduid als het geluidsnelheidsprofiel $c(h)$. Dit verloop is een gevolg van de variaties van de temperatuur T en de windsnelheid u met de hoogte. In deze rekenmethode wordt de (hinder-relevante) geluidbelasting berekend als een gewogen gemiddelde over 27 meteorologische klassen. Deze klassen worden getypeerd door het geluidsnelheidsprofiel waarbij drie groepen worden onderscheiden (zie § 4.4.2).

Relatieve vochtigheid: r_v [%]

De relatieve vochtigheid van de atmosfeer is gedefinieerd als de partiële druk van waterdamp in de atmosfeer gedeeld door de verzadigings-dampdruk, uitgedrukt als een percentage.

Ruwheidslengte: z_0 [m]

Vlakbij de bodem is de windsnelheid vrijwel gelijk aan nul. De ruwheidslengte van de bodem is gedefinieerd als de hoogte waar beneden de windsnelheid gelijk is aan nul. Voor de bepaling van de ruwheidslengte kan gebruik worden gemaakt van de Davenport-classificatie. Volgens deze classificatie bedraagt de ruwheidslengte 0,0002 m voor een wateroppervlak, 0,03 m voor open grasland en 0,25 m voor heide.

Meteorologische dag

Periode tussen één uur na zonsopgang en één uur voor zonsondergang.

Meteorologische nacht

Periode tussen één uur voor zonsondergang en één uur na zonsopgang.

Juridische dag, avond en nacht

Er worden drie beoordelingsperioden onderscheiden:

- dagperiode 07.00 – 19.00 uur;
- avondperiode 19.00 – 23.00 uur;
- nachtperiode 23.00 – 07.00 uur.

Windroossector: $[\chi, \zeta]$ [$^\circ$, $^\circ$]

Gedeelte van de windroos, dat voor het gebruik van de schietbaan relevant is. Van de windroossector wordt de sectorhoek χ gegeven en het midden van de windroossector ζ . Bij een windroossector van bijvoorbeeld $[90^\circ, 270^\circ]$ is het gebruik van de schietbaan alleen relevant bij windrichtingen van $(270^\circ \pm 45^\circ)$ wat overeenkomt met windrichtingen tussen noordwest en zuidwest (zie ook figuur 4.4).

2.4. Beoordelingsgrootheden

Geluidbelasting van schietgeluid: B_s [dB(A)]

De hinderrelevante geluidbelasting van schietgeluid wordt aangegeven door het symbool B_s en uitgedrukt in dB(A). De dosis-effect relatie voor hinder van wegverkeersgeluid is hierbij als referentie gekozen. Dit houdt in dat bij gelijke hinderbeleving de getalwaarden van de geluidbelasting van schietgeluid en wegverkeersgeluid aan elkaar gelijk zijn.

In de geluidbelasting is de gemiddelde invloed van het weer op de geluidoverdracht verwerkt.

De geluidbelasting kan worden onderverdeeld in deelgeluidbelastingen van diverse schietactiviteiten. De totale geluidbelasting is de energetische som van deze deelgeluidbelastingen.

In analogie met de beoordelingsprocedures voor wegverkeers- en industriegeluid wordt bij zonering van schietgeluid de geluidbelasting uitgedrukt in een dag-avond-nachtwaarde ($B_{s,dan}$), die bepaald wordt als een gewogen gemiddelde van de B_s waarden voor de drie juridische beoordelingsperioden:

- $B_{s,dag}$ dag: 07.00 – 19.00 uur;
- $B_{s,avond}$ avond: 19.00 – 23.00 uur;
- $B_{s,nacht}$ nacht: 23.00 – 07.00 uur.

2.5. Bodemparameters

De bodem wordt akoestisch gekarakteriseerd door twee parameters: de akoestische bodemhardheid en de bodemruwheid.

De akoestische bodemhardheid is bepalend voor reflectie en absorptie van geluid door de bodem. Als maat voor de bodemhardheid wordt de *stromingsweerstand* σ gehanteerd. De stromingsweerstand wordt gedefinieerd aan de hand van een situatie waarin een luchtstroom door een laag van het materiaal een drukval over de laag veroorzaakt. De stromingsweerstand is dan gelijk aan verhouding van de drukval Δp en de stroomsnelheid v , gedeeld door de laagdikte L . In formule:

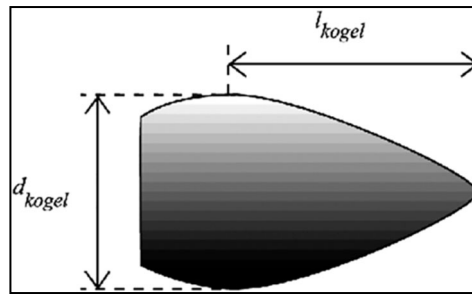
$$\sigma = \frac{\Delta p}{v \cdot L} \quad (2.5)$$

In deze rekenmethode voor schietgeluid wordt van drie waarden voor de akoestische bodemhardheid uitgegaan: reflecterend, absorberend en zeer absorberend. Voor de stromingsweerstand wordt voor een zeer absorberende bodem en een absorberende bodem respectievelijk $1 \cdot 10^5 \text{ Nsm}^{-4}$ en $3 \cdot 10^5 \text{ Nsm}^{-4}$ gehanteerd. Voor een akoestisch reflecterende bodem wordt een oneindig grote stromingsweerstand aangenomen (zie ook § 4.5.2).

De bodemruwheid beïnvloedt het windsnelheidsprofiel in de atmosfeer boven de bodem, en daardoor indirect de geluidoverdracht. Een maat voor de bodemruwheid is de *ruwheidslengte* z_0 (zie § 2.4).

2.6. Kogelparameters

Voor de berekening van het niveau van het kogelgeluid zijn in eerste instantie twee parameters van belang: de *kogeldiameter* d_{kogel} gedefinieerd als de maximale diameter van de kogel en de *effectieve lengte* l_{kogel} gedefinieerd als de axiale afstand van de punt van de kogel tot aan de plaats waar de diameter maximaal is.



Figuur 2.1: Effectieve lengte l_{kogel} en diameter d_{kogel} van een kogel

Het gebied waar het kogelgeluid kan worden waargenomen hangt af van de snelheid van de kogel. Deze snelheid wordt benaderd door een lineaire relatie:

$$v_k = v_0 + v_1 x \quad (2.6)$$

met

v_0 de snelheid van de kogel bij het verlaten van de vuurmond;

v_1 de verandering van de snelheid per eenheid van lengte;

x de afstand langs de kogelbaan tot de vuurmond.

Een afgeleide parameter die een rol speelt bij de berekening van kogelgeluid is het Mach-getal. Dit is gedefinieerd als de verhouding van de snelheid v_k van de kogel en de geluidssnelheid c_{10} (hiervoor wordt in deze rekenmethode de waarde bij 10°C en 1 atmosfeer gehanteerd: $c_{10} = 337.6$ m/s).

$$M = \frac{v_k}{c_{10}} \quad (2.7)$$

2.7. Buitenschietbanen

Op verschillende soorten banen wordt geschoten of andersoortig knalgeluid gemaakt. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven met voorbeelden van baantypen die in Nederland voorkomen en die in het kader van deze rekenmethode relevant zijn. Voor het vaststellen van de geluidbelasting vragen de verschillende baantypen om een andere aanpak.

Vrije schietbanen

Dit zijn schietbanen, meestal voorzien van een kogelvanger, en mogelijk een overkapping boven de standplaats van de schutters, maar zonder voorzieningen ter beperking van de omvang van de onveilige zone zoals poorten, kokers, schermen, en dergelijke.

De vrije schietbanen zijn onder te verdelen in:

- vrije geweerbanen;
- vrije mitrailleurbanen en vrije pistoolbanen.

De lengte van een vrije geweerbaan is doorgaans 300 m; het aantal schietpunten varieert.

In principe bestaat tussen de uitvoering van een vrije mitrailleurbaan en die van een vrije pistoolbaan geen verschil. Een vrije pistoolbaan heeft een lengte van 25m; het aantal schietpunten bedraagt doorgaans vijf tot tien.

Schietkampen

Een schietkamp bestaat uit een of meer schietbanen of schietpunten. De doelafstanden zijn hierbij groter dan bij vrije schietbanen. Deze terreinen beslaan meerdere vierkante kilometers. Afhankelijk van de baan wordt met diverse wapentypen geschoten variërend van lichte handvuurwapens tot 155 mm Houwitsers.

Poortbanen

Dit zijn schietbanen waarbij met poorten en kogelvangers wordt voorkomen dat – bij normaal gebruik – een direct schot de baan kan verlaten, waardoor een zekere mate van veiligheid wordt verkregen en met een beperkte onveilige zone kan worden volstaan. De poortbanen zijn onder te verdelen in geweerpoortbanen en pistoolpoortbanen.

Een geweerpoortbaan heeft bijvoorbeeld een lengte van 100 m, 200 m of 300 m. Een pistoolpoortbaan is 20 m of 25 m lang. Het aantal schietpunten op de banen is meestal zes. Bij pistoolpoortbanen maakt de eerste poort deel uit van een schiethuisje waarin de schutters zich bevinden.

Het geluiduitstralingspatroon van een poortbaan is, door de vele reflecties die mogelijk zijn, zeer complex. Voor de berekening van de geluidbelasting wordt in de rekenmethode deze baan door een puntbron gemodelleerd. Deze beschrijving is pas geldig op enige afstand van deze baan. In paragraaf 4.5.1 wordt hier nader op ingegaan.

Schermbanen

Dit zijn schietbanen waarbij met schermen, zijwallen of zijwanden en een overkapping boven de kogelvanger wordt voorkomen dat – bij normaal gebruik van de baan – een direct schot of een ricochet de baan kan verlaten, waardoor geen onveilige zone in acht genomen hoeft te worden. De schermbanen zijn onder te verdelen in schermbanen voor geweer en schermbanen voor pistool.

Een schermbaan voor geweer heeft een lengte van bijvoorbeeld 100 m, 200 m of 300 m. Een schermbaan voor pistool is 25 m lang. Er zijn op schermbanen meestal zes schietpunten. Het schuttersgedeelte van de baan is meestal overkapt. Ook zijn er voorbeelden waarbij de schutter, gelegen op een brits, vanuit een omsloten ruimte door een klein venster schiet. Een 100 m baan kan ook voor het schieten met vuistvuurwapens worden gebruikt. De schutter gaat hiertoe naar voren op een afstand van 25 m of minder van de kogelvanger. Deze schietpositie is meestal niet overkapt.

De schermen zijn van beton en bekleed met hout. Akoestisch kunnen deze schermen de geluiduitstraling naar de omgeving sterk beïnvloeden. Naast een geluidreducerende invloed kunnen ze in bepaalde richtingen ook een geluidversterkende invloed hebben door reflectie van het geluid tegen deze schermen. Op schermenbanen waar voldoende aanvullende akoestische maatregelen zijn getroffen, zal buiten de baan alleen kogelgeluid een rol van betekenis spelen.

Het geluiduitstralingspatroon van een schermenbaan is, door de vele reflecties die mogelijk zijn, zeer complex. Voor de berekening van de geluidbelasting wordt in de rekenmethode de schermenbaan gemodelleerd door één of meer puntbronnen. Deze beschrijving is pas geldig op enige afstand van de schermenbaan. In paragraaf 4.5.1 wordt hierop nader op ingegaan.

Poortkokerbanen

Dit zijn schietbanen waarbij met een poort en een koker wordt voorkomen dat – bij normaal gebruik van de baan – een direct schot of een ricochet de baan kan verlaten, waardoor geen onveilige zone in acht genomen hoeft te worden.

Een poortkokerbaan heeft meestal een lengte van 25 m. Het aantal schietpunten bedraagt doorgaans vijf of zes. De schietposities bevinden zich net buiten het gebouw (aan de open zijde) of voor kortere doelaafstanden in het gebouw (de kokers zijn groot genoeg om in te staan). De bodem van de schietposities net buiten het gebouw is verlaagd uitgevoerd. Het gebouw is voorzien van een sheddak dat aan dezelfde kant als waar de opening van het gebouw ligt kleine ramen heeft.

Ook een poortkokerbaan wordt in de rekenmethode gemodelleerd door een puntbron. De geluiduitstraling is sterk richtingsafhankelijk. Met name naar achteren toe straalt een poortkokerbaan het meeste geluid uit. Door de afschermende werking van wanden en plafond is de geluiduitstraling lager naarmate het schietpunt dieper in het gebouw ligt.

Kokerbanen

Dit zijn schietbanen waarbij met een koker wordt voorkomen dat – bij normaal gebruik van de baan – een direct schot of een ricochet de baan kan verlaten, waardoor geen onveilige zone in acht genomen hoeft te worden.

Een kokerbaan heeft alleen één open zijde achter de standplaats van de schutters. Een kokerbaan heeft doorgaans een lengte van 25 m. De schietposities bevinden zich bij de open zijde of (voor kortere doelaafstanden) in het gebouw. Op een afstand van circa 2 m van de kogelbaan is meestal aan beide kanten een verbreding van circa 0,55 m in de koker aangebracht waarin zich een (niet aanschietbare) deur bevindt. De bodem van de schietposities net buiten het gebouw is meestal verlaagd uitgevoerd. Het gebouw is voorzien van een sheddak dat aan dezelfde kant als waar de opening van het gebouw ligt kleine ramen heeft.

Ook een kokerbaan wordt in de rekenmethode gemodelleerd door een puntbron. De geluiduitstraling is sterk richtingsafhankelijk. Met name naar achteren toe straalt een kokerbaan het meeste geluid uit. Door de afschermende werking van wanden en plafond neemt het bronniveau af als het schietpunt zich meer in het gebouw bevindt.

Handgranatenbanen

Dit zijn banen waar met scherpe handgranaten kan worden geworpen. Een handgranatenbaan bestaat uit een schuilplaats voor de oefenende eenheid, een munitie opslag- en verstrekkingpunt, een werppunt, een waarnemingspunt voor de officier belast met de leiding en een dekkingsswal. Voorts behoort tot de baan een geëgaliseerde terreinstrook, breed ten minste 50 m en diep ten minste 75 m, waar de geworpen granaat terecht moet komen.

Miniatuurschietbanen

Dit zijn schietbanen waarbij geschoten wordt met geweren, kaliber .22 inch, bevestigd in of aan boordkanonnen van voertuigen. Een miniatuurschietbaan bestaat meestal uit een verhard opstelplateau voor de voertuigen, een doelengebied van relatief grote omvang, doorgaans aangeduid als 'zandbak', en een kogelvanger, al dan niet voorzien van een overkapping.

Banen met schietbomen

Op deze banen wordt er vanaf een vaste standplaats op een schietboom geschoten waarop een doel is aangebracht. Er wordt geschoten met geweren, lucht- of CO₂-wapens of kruis- of handbogen. Behalve bij de kruis- en handbogen wordt gebruik gemaakt van een oplegsteun voor het wapen. In enkele gevallen is er ook een kogelvanger aanwezig.

Afhankelijk van het type doel wordt het aangeduid als Oud Limburgs schieten, Brabants schieten of Gelders schieten. Bij Oud Limburgs schieten wordt de hark of de vogel als doel gebruikt. De hark is een houten raamwerk waarop een groot aantal blokjes hout is bevestigd. De vogel is een blok hout in de vorm van een vogel. Bij Brabants schieten wordt op de wip (een stalen schijfje) of op de gaai (vogel) geschoten. Bij Gelders schieten wordt geschoten op de vogel, de schijf of de lepel. Bij het schieten op de schijf wordt een papieren roos gebruikt. Bij het lepelschieten bestaat het doel uit een aantal lepels die kunnen scharnieren en die na een treffer weer overeind gehaald kunnen worden.

Miniatuur kanonbanen

Dit zijn schietbanen waar met miniatuur kanonnen wordt geschoten onder een zeer kleine elevatie (5 graden) op doelen op een afstand van 25 tot 50 m.

Kleiduivenschietbanen

Op kleiduivenschietbanen wordt geschoten met hageljachtgeweren. Het doel is een kleiduif (schijf gebakken klei) die met een hand- of mechanisch gedreven kleiduiven-werpmachine wordt weggegooid over een afstand van maximaal 80 m.

Kleiduivenschietbanen kunnen in verschillende variaties voorkomen:

- Op een skeetbaan werpen twee tegenover elkaar staande machines, die zijn opgesteld in een hoge en een lage toren, de kleiduiven elk in een bepaalde richting. De schutter moet voortdurend langs een halve cirkel, met de twee werpmachines op de hoekpunten, van standplaats wisselen. Er zijn acht verschillende standplaatsen;
- Bij een trapbaan staat de werpmachine op een vaste plaats opgesteld en zijn er meestal tien standplaatsen voor de schutter. De afstand van de schietpunten tot de werpmachine is 10 tot 15 m;

- Bij een enkelvoudige oefenbaan is er alleen één vaste standplaats voor de schutter. De werpmachine is verplaatsbaar;
- Bij een hazenbaan wordt meestal geschoten op een metalen schijf in de vorm van een haas waarop een kleiduif is aangebracht. De haas wordt voortbewogen langs draden of op rails met een snelheid van ongeveer 5 m/s. De schutter staat op 15, 20 of 25 m afstand van het doel.

2.8. Militaire oefenterreinen

Op militaire oefenterreinen wordt niet met een scherpe patroon ('Ball') geschoten, maar wordt een losse patroon ('blank') toegepast, die over het algemeen minder geluid voortbrengt. Verder wordt soms ook gebruik gemaakt van knalsimulatie-middelen.

~~Gevechtssituaties~~ Gevechtssituaties worden nagebootst waarbij er sprake is van een aanvallende en een verdedigende partij. Plaats en richting van schieten bij deze oefeningen zijn alleen bij benadering bekend. Het verdient daarom aanbeveling van een referentieoefening uit te gaan. In paragraaf 4.5.1 wordt hier nader op ingegaan.

2.9. Achtergronden bij de fysische modellering van schietgeluid

Bij het geluid dat ontstaat door het gebruik van een vuurwapen kunnen drie verschillende bijdragen worden onderscheiden:

- Mondingsgeluid
- Detonatiegeluid
- Kogelgeluid

In deze paragraaf zullen we de specifieke fysische eigenschappen van schietgeluid nader toelichten om inzicht te geven in de modellering van schietgeluid.

Mondingsgeluid en detonatiegeluid

Door de explosie van de voortdrijvende lading in een projectiel ontstaat er een grote drukpuls. Het hierdoor opgewekte geluidveld laat zich goed beschrijven door een akoestische puntbron met een richtingsafhankelijke geluiduitstraling. Voor lichte vuurwapens is de richtingsafhankelijkheid over het algemeen groter dan bij de zwaardere wapentypen. Het verschil tussen het niveau vóór en achter het wapen kan bij lichte handvuurwapens in de orde van 15 dB zijn.

Het bronpunt voor lichte handvuurwapens ligt aan het einde van de loop. Voor zwaardere wapens ligt het broncentrum iets verder voor de loop (zie hiervoor ook paragraaf 4.5.1). Als op korte afstand van een wapen afschermende objecten staan opgesteld moet hier terdege rekening mee gehouden worden.

Terugstootloze vuurwapens hebben in principe twee bronpunten, één aan de voorkant (in Engels: muzzle blast) en één aan de achterzijde van het wapen (in Engels: breech blast). Het niveau van het bronpunt aan de achterzijde van het wapen is vele malen sterker dan het bronpunt aan de voorzijde van het wapen, zodat in goede benadering van één bronpunt aan de achterzijde van het wapen kan worden uitgegaan.

Het akoestisch model dat in deze rekenmethode wordt beschreven is een lineair model. Op korte afstand van het wapen zijn de geluidsdruk-niveaus echter dermate hoog dat de geluidsoverdracht niet door een lineair model kan worden beschreven. Op enige afstand van de bron zijn de druk-niveaus echter zover afgenomen dat een beschrijving door een lineair model wel kan worden toegepast. Dit betekent dat het model niet op korte afstanden van de bron kan worden toegepast (zie ook paragraaf 4.2).

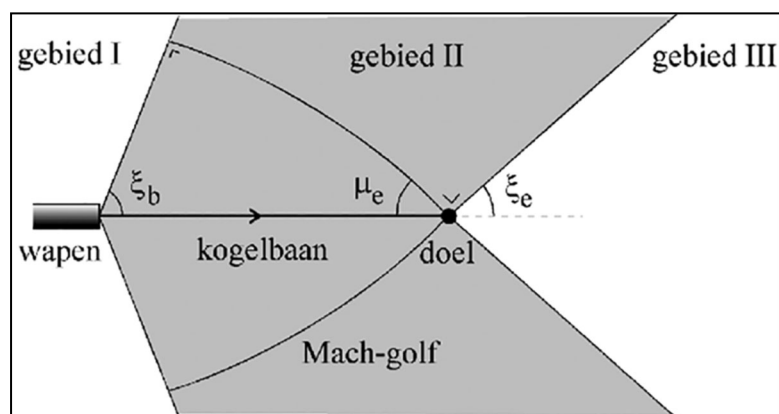
Kogelgeluid

Kogelgeluid heeft een principiële ander gedrag dan mondings- en detonatiegeluid. Het ontstaat door verstoring van de lucht door een supersone kogel. De luchtverstoring is geconcentreerd op een kegelvormig oppervlak, dat zich met de geluidssnelheid vanaf de kogelbaan uitbreidt. Dit oppervlak wordt de Mach-golf genoemd. Op het moment dat de Mach-golf een waarnemer passeert, wordt het als een knal waargenomen. De kogelknal wordt altijd eerder waargenomen dan de mondingsknal. De halve tophoek μ van de kegelvormige Mach-golf wordt de Mach-hoek genoemd. De Mach-hoek wordt bepaald door de geluidssnelheid c_{10} en de kogelsnelheid v_k , volgens de relatie:

$$\sin \mu = \frac{c_{10}}{v_k} \quad (2.8)$$

De kogelsnelheid neemt in het algemeen af langs de kogelbaan, waardoor de Mach-hoek toeneemt (het complement van de Mach-hoek, $\xi = 90^\circ - \mu$ neemt dus juist af langs de kogelbaan). Hierdoor is de Mach-golf geen perfect kegeloppervlak, maar een gekromd kegeloppervlak. Dit is geïllustreerd in figuur 2.2.

Bij de modellering van kogelgeluid worden drie gebieden onderscheiden, die aangegeven zijn in figuur 2.2. Het niveau van kogelgeluid is het hoogst in gebied II, het Mach-gebied. Het niveau is aanzienlijk lager in gebied III, maar niet verwaarloosbaar. Het niveau in gebied I is nog lager, en wordt verwaarloosd. In figuur 2.2 is aangenomen dat de kogel nog supersoon is bij het doel. Dat wil zeggen dat de kogelsnelheid bij het doel groter is dan de geluidssnelheid. Het kan ook voorkomen dat de kogel subsoon wordt vóór het bereiken van het doel. De hoek ξ is dan, op het punt waar de kogel subsoon wordt, gelijk aan nul. Gebied II bestrijkt dan het volledige gebied achter het doel; er is dan geen gebied III.



Figuur 2.2: Illustratie van de gebieden I, II en III die worden gebruikt bij de modellering van kogelgeluid. Gebied II wordt het Mach-gebied genoemd. De gekromde lijnen representeren de doorsnede van de (kegelvormige) Mach-golf op het moment dat de kogel het doel bereikt. De Mach-hoek bij het doel is aangegeven als μ_e .

2.10 Symbolen

Tabel 2.1 Symbolen

Symbol	Eenheid	Omschrijving	Behandeld in
α	dB	Constante voor bepalen hinderrelevante geluidbelasting (47 dB)	3.2
α_{abs}	–	Absorptiecoëfficiënt van materialen	4.6.5
α_e	°	Elevatiehoek van de loop van het wapen	4.4.1
β	dB-1	Constante voor bepalen hinderrelevante geluidbelasting (0.0150,015 dB-1)	3.2
γ	–	Tophoek van wal	4.5.3
ϵ_{hor}	°	Effectiviteit van de reflectie in het horizontale vlak	4.6.7
ϵ_{ver}	–	Effectiviteit van de reflectie in het verticale vlak	4.6.7
ζ	°	Midden van windroossector, die voor het gebruik van de schietbaan relevant is	2.3
θ	°	Geluidvoortplantingsrichting t.o.v. het noorden (bijv $\theta = 90^\circ$ voor geluidvoortplanting van west naar oost)	2.3
λ	m	Golflengte	4.6.7
μ	°	Mach-hoek, halve tophoek van de kegel gevormd door het golffront van de Mach-golf	2.9
ξ	°	Complement van de Mach-hoek	2.9
ξ_b, ξ_e	°	Grenshoeken van het Mach-gebied	2.9 en 4.6.2
ρ	–	Reflectiviteit {reflectiecoëfficiënt voor de geluidenergie ($1 - \alpha_{\text{abs}}$)}	4.5.4

Symbool	Eenheid	Omschrijving	Behandeld in
σ	kPa s m ⁻²	Stromingsweerstand	2.6 en 4.5.2
ϕ	°	Windrichting (hoek t.o.v. het noorden, bijv. $\phi = 90^\circ$ komt overeen met oostenwind)	2.3
φ	°	Hoek tussen de lijn van bron naar rekenpunt en de vuurlijn (in bovenaanzicht vanuit de bron met de klok mee gemeten)	4.4.1
φ_r	°	Diffractiehoek van rekenpunt op top van scherm	4.6.5
φ_s	°	Diffractiehoek van bron op top van scherm	4.6.5
$\Delta\varphi_r$	°	Correctie op φ_r als gevolg van straalkromming	4.6.5
$\Delta\varphi_s$	°	Correctie op φ_s als gevolg van straalkromming	4.6.5
χ	°	Sectorhoek van windroossector, die voor het gebruik van de schietbaan relevant is	2.3
ψ	°	Schietrichting t.o.v. het noorden in het horizontale vlak	4.5.1
b	–	Geluidbron	3.2 en 4.3
b _n	m/s	Coëfficiënt in formule voor geluidsnelheidsprofielen	4.4.2
B _s	dB(A)	Geluidbelasting van schietgeluid	2.4
B _{s,avond}	dB(A)	Geluidbelasting in de juridische avondperiode	2.4 en 3.2
B _{s,dag}	dB(A)	Geluidbelasting in de juridische dagperiode	2.4 en 3.2
B _{s,dan}	dB(A)	Geluidbelasting uitgedrukt als dag-avond-nachtwaarde	2.4 en 3.2
B _{s,nacht}	dB(A)	Geluidbelasting in de juridische nachtperiode	2.4 en 3.2
B _{s,periode}	dB(A)	Geluidbelasting in een bepaalde juridische beoordelingsperiode (dag, avond of nacht)	3.4
c	m/s	Geluidsnelheid	2.3
c(h)	m/s	Geluidsnelheidsprofiel	2.3

Symbool	Eenheid	Omschrijving	Behandeld in
c10	m/s	Geluidsnelheid bij 10°C en 1 atmosfeer (337,6337-6 m/s)	2.6
ceff	m/s	Effectieve geluidsnelheid	2.3
deff	m	Afstand tussen naburige cilinders bij modellering diffuse reflecties	4.5.4 en 4.6.8
dkogel	m	Maximale diameter van kogel	2.6
dmax	m	Maximale afstand van rekenpunt naar rand van brongebied	4.6.1.
dmin	m	Minimum afstand van rekenpunt naar rand van brongebied	4.6.1
Dbodem	dB	Demping t.g.v. de bodem	4.4.2 en 4.6.4
Dgeo	dB	Geometrische demping	4.6.2
Dlucht	dB	Demping t.g.v. luchtabSORPTIE	4.6.3
Dnlin	dB	Extra dempingsterm als gevolg van niet-lineaire geluidoverdracht van kogelgeluid	4.6.6
Drefl	dB	Reflectiedemping	4.6.7 en 4.6.8
Dschem	dB	Demping door geluidwerende obstakels	4.6.5
ΔD	dB	Tophoekcorrectie	4.6.5
E	Pa2s	Geluidexpositie	2.2
E0	Pa2s	Referentiewaarde van de geluidexpositie ((20 μ Pa)2s)	2.2
fa	–	Fractie van het geluidpad waarvoor de bodem absorberend is	4.6.4
fabs	–	Fractie van het geluidpad waarvoor de bodem absorberend of zeer absorberend is	4.6.5
fh	–	Fractie van het geluidpad waarvoor de bodem hard is	4.6.4
fk	Hz	Octaafbandmiddenfrequentie (fk = 16 Hz, 31,5 Hz, ..., 4000 Hz)	4

Symbool	Eenheid	Omschrijving	Behandeld in
fz	–	Fractie van het geluidpad waarvoor de bodem zeer absorberend is	4.6.4
fkogel	Hz	Karakteristieke frequentie van kogelgeluid	4.6.1
gd	–	Gewichtsfactoren voor de meteorologische dag. Dit komt overeen met de kans dat een meteorologische situatie in een bepaalde meteorologische klasse valt. Een meteorologische klasse wordt gekarakteriseerd door één van de 27 geluidsnelheidsprofielen.	3.2 en 4.4.3
gn	–	Gewichtsfactoren voor de meteorologische nacht (zie ook hierboven).	3.2 en 4.4.3
h	m	Hoogte boven het plaatselijk maaiveld	
h0	m	Referentiehoogte (0,10-1 m)	4.4.2
heff	m	Effectieve hoogte van bronpunt of rekenpunt als gevolg van een scherm	4.6.5
hr	m	Hoogte van het rekenpunt boven het plaatselijke maaiveld	4
hs	m	Hoogte van het bronpunt boven het plaatselijke maaiveld	4
hwapen	m	Hoogte van het draaipunt van de loop van een wapen	4.4.1
Hp	–	Factor waarmee de eindige hoogte en breedte van een scherm in rekening wordt gebracht	4.6.5
kperiode	–	Kans dat schietgeluid in een bepaalde juridische beoordelingsperiode gehoord wordt	6
lkogel	m	Afstand van de punt van de kogel tot aan het punt waar de kogel de grootste diameter heeft	2.6
L	m	Correlatielengte (1,11-1 m)	4.6.2
LAeq,periode	dB(A)	Equivalent geluidniveau vanwege schietgeluid voor een gemiddelde dag voor een bepaalde juridische beoordelingsperiode	3.3
LE	dB	Geluidexpositieniveau, immissieniveau	2.2 en 4.3
LAE	dB(A)	A-gewogen geluidexpositieniveau	2.2
LCE	dB(C)	C-gewogen geluidexpositieniveau	2.2

Symbool	Eenheid	Omschrijving	Behandeld in
LEb	dB	Bronniveau	2.2 en 4.3
L*Eb	dB	Bronniveau van een spiegelbron	4.3 en 4.6.7
LEs,periode(b,m)	dB(A)	Deelbijdrage aan de geluidbelasting van een enkel schot van een bron b bij een meteorologische klasse m. De juridische beoordelingsperiode (dag, avond of nacht) is alleen relevant als een geluidbelasting < 50 dB(A) wordt berekend (zie hoofdstuk 6).	3.2
$\overline{L_{Es,periode,d}(b)}$	dB(A)	Deelbijdrage aan de geluidbelasting voor de meteorologische dag van een enkel schot van een bron b als gewogen gemiddelde over 27 meteorologische klassen. De juridische beoordelingsperiode (dag, avond of nacht) is alleen relevant als een geluidbelasting < 50 dB(A) wordt berekend (zie hoofdstuk 6).	3.2
$\overline{L_{Es,periode,n}(b)}$	dB(A)	Deelbijdrage aan de geluidbelasting voor de meteorologische nacht van een enkel schot van een bron b als gewogen gemiddelde over 27 meteorologische klassen. De juridische beoordelingsperiode (dag, avond of nacht) is alleen relevant als een geluidbelasting < 50 dB(A) wordt berekend (zie hoofdstuk 6).	3.2
Lloop	m	Lengte van de loop vanaf draaipunt tot bronpunt	4.4.1
Ln	m	Breedte van deelgebied van brongebied	4.6.1
m	–	Meteorologische klasse	3.2, 4.3 en 4.4.2
M	–	Mach-getal, relatieve kogelsnelheid ten opzichte van de geluidssnelheid	2.6
n2	–	Gemiddeld aantal bomen per oppervlakte-eenheid	4.5.4 en 4.6.8
Ncil	–	Aantal cilinders in een segment bij modellering diffuse reflecties	4.6.8
Navond	–	Aantal knallen per jaar in de avondperiode voor een bron	3.2
Ndag	–	Aantal knallen per jaar in de dagperiode (inclusief zon- en feestdagen)	3.2
Nnacht	–	Aantal knallen per jaar in de nachtperiode voor een bron	3.2
Nv	–	Aantal gebieden dat door het geluidpad wordt doorkruist met bodemtype v=h	4.6.4
Nzondag,dag		Aantal knallen per jaar in de dagperiode op zon- en feestdagen	3.2
Oi		Deeloppervlak van het brongebied	4.6.1

Symbool	Eenheid	Omschrijving	Behandeld in
Otot		Totale oppervlak van het brongebied	4.6.1
p	Pa	Momentane geluiddruk	2.2
Pimp	dB	Toeslag voor het impulsmatig karakter van het schietgeluid	3.3
Plf	dB	Toeslag voor laagfrequente componenten in het schietgeluid	3.3
Pperiode	–	Aantal dagen per jaar dat op de schietbaan wordt geschoten in een bepaalde juridische beoordelingsperiode (dag, avond of nacht), onafhankelijk van het wapen	3.4
r	m	Afstand	
rb	m	Afstand van de bron tot het reflectiepunt	4.6.7
rcil	m	Straal van cilinders bij modellering diffuse reflecties.	4.5.4 en 4.6.8
rv	%	Relatieve vochtigheid	2.3
R	m	Horizontale afstand van bronpunt naar rekenpunt gemeten langs geluidpad	4
Rtrans	m	Afstand van waaraf turbulentie significante invloed heeft op de coherentie van de als lijnbron te beschouwen kogelbaan	4.6.2
R1	m	Afstand van de doelpositie naar een punt op de grens van het Mach-gebied dat het dichtst bij het rekenpunt ligt	4.6.2
R2	m	Afstand van het rekenpunt tot de grens van het Mach-gebied	4.6.2
sv	m	Totale horizontale afstand waarover het geluidpad door een bodemgebied met bodemtype v loopt	4.6.4
t	°C	Temperatuur in graden Celsius	2.3
T	K	Temperatuur in Kelvin	2.3
u	m/s	Horizontale windsnelheid	2.3
v0	m/s	Beginsnelheid van de kogel	2.6

Symbool	Eenheid	Omschrijving	Behandeld in
v_1	s/s	Verandering van de kogelsnelheid per meter afgelegde kogelbaan: $v_k = v_0 + v_1 x$	2.6
v_e	m/s	Eindsnelheid van de kogel	4.6.2
v_k	m/s	Snelheid van de kogel	2.6
$w_d, \text{periode}$	–	Fractie van de tijd dat het in een bepaalde beoordelingsperiode een meteorologische dag is	3.2
$w_n, \text{periode}$	–	Fractie van de tijd dat het in een bepaalde beoordelingsperioden een meteorologische nacht is	3.2
x	m	Afstand langs de kogelbaan tot de vuurmond	2.6
x_r	m	X-coördinaat van het rekenpunt	4
x_s	m	X-coördinaat van het bronpunt	4
x_t	m	Lengte van de kogelbaan waar het projectiel een supersone snelheid heeft	4.6.2
y_r	m	X-coördinaat van het rekenpunt	4
y_s	m	Y-coördinaat van het bronpunt	4
z	m	Hoogte van een object t.o.v. een referentievlak	4
z_0	m	Ruwheidslengte van de bodem	2.3
$z_{sch,1}$	m	Hoogte van het scherm t.o.v. het maaiveld	4.6.5
z_{max}	m	Maximale hoogte van geluidstraal	4.6.5

3. Beoordelingsgrootheid

3.1. Inleiding

De geluidbelasting door schietgeluid wordt bepaald uit een combinatie van A- en C-gewogen geluidexpositieniveaus voor een verzameling van 27 meteorologische klassen. Dit is een representatieve deelverzameling van de complexe verzameling van meteorologische situaties, die gedurende een (gemiddeld) jaar kunnen voorkomen. In hoofdstuk 4 wordt beschreven hoe deze

geluidexpositieniveaus worden berekend. In dit hoofdstuk is beschreven hoe hieruit de geluidbelasting B_s wordt bepaald, als hinder-relevante beoordelingsmaat voor schietgeluid.

Door uit te gaan van een verzameling van meteorologische klassen kan met het model onder andere onderscheid worden gemaakt tussen de verschillen in geluidoverdracht gedurende de meteorologische dag en nacht en is het model ook toepasbaar in situaties waarin het gebruik van schietbanen gerelateerd is aan de windrichting. Bij de bepaling van de geluidbelasting wordt bovendien het effect van de asymmetrische windroos in rekening gebracht.

In de formules voor de berekening van de geluidbelasting zijn de toeslagen van respectievelijk 5 dB en 10 dB voor de avond en nacht reeds verwerkt. Daarnaast is voor de dagperiode van de zondag een toeslag van 5 dB gehanteerd om voor de extra hinder van schieten op de zondag te verdisconteren. Deze toeslag is op een eenvoudige manier in de formule verwerkt door voor de berekening van de dagperiode het aantal schoten op de zondagen met een factor drie te verhogen.

3.2. Geluidbelasting

In eerste instantie wordt per bron en per meteorologische klasse voor een enkel schot de deelbijdrage bepaald aan de geluidbelasting. Mondingsgeluid, kogelgeluid en detonatiegeluid worden, voor zover hier sprake van is, als bijdragen van afzonderlijke bronnen beschouwd. Voor een meteorologische klasse ($m = 1, \dots, 27$) en bron b wordt deze bijdrage gegeven volgens de formule:

$$\frac{L_{Es,periode}(b,m)}{L_{Es,periode}(b,m)} = \frac{L_{AE}(b,m) + P_{imp} + P_{lf}(b,m)}{L_{AE}(b,m) + P_{imp} + P_{lf}(b,m)} \quad (3.1)$$

In formule 3.1 is een afhankelijkheid aangegeven van de juridische periode (dag, avond en nacht) waarin een schot wordt afgevuurd. Deze afhankelijkheid is alleen van toepassing als de kans op hoorbaarheid in een periode van invloed is (zie hiervoor hoofdstuk 6)

In bovenstaande formule zijn de volgende toeslagen opgenomen:

- toeslag P_{imp} voor het impulsmatig karakter van schietgeluid:

$$P_{imp} = 12 \text{ dB}$$

- toeslag P_{lf} voor laagfrequente componenten in het schietgeluid:

$$P_{lf}(b,m) = 6\Delta L'(L_{AE}(b,m) - \alpha)$$

waarin

$$\alpha = 47 \text{ dB} \text{ en } \beta = 0,015 \text{ dB}^{-1} 0,015 \text{ dB}^{-1}$$

$$\Delta L' = \begin{cases} \Delta L & \text{voor } \Delta L \geq 6 \\ \frac{1}{6}(\Delta L)^2 & \text{voor } 0 \leq \Delta L < 6 \\ 0 & \text{voor } \Delta L < 0 \end{cases}$$

en

$$\Delta L = [L_{CE}(b,m) - L_{AE}(b,m)].$$

Als er een kans is dat veel bronnen wegvallen in het achtergrondgeluid, maar door het grote aantal schoten (typerend > 1.000.000 schoten op jaarbasis) er toch een relatief hoge geluidbelasting wordt berekend, kan de geluidbelasting op een aangepaste manier worden berekend. Hierbij wordt de impuls toeslag ($P_{imp}=12$ dB) en de toeslag voor extra laagfrequente componenten in het geluid ($P_{lf}(b,m)$) bij de berekening van de geluidbelasting alleen meegenomen voor zover het geluid waarneembaar is op het immissiepunt. In hoofdstuk 6 is deze aangepaste methode beschreven. De aangepaste methode kan alleen worden toegepast als de berekende geluidbelasting met de standaard rekenmethode in een bepaalde periode (dag, avond of nacht) een waarde geeft die lager is dan 50 dB. Toepassing van deze aangepaste methode geeft altijd een lagere waarde.

Per bron worden vervolgens voor zowel de meteorologische dag als de meteorologische nacht (zie formule 3.2 en 3.3) de deelbijdragen aan de geluidbelasting gemiddeld over alle meteorologische klassen. Dit gemiddelde is een gewogen gemiddelde, de gewichtsfactoren (g_d en g_n voor respectievelijk de meteorologische dag en nacht) staan beschreven in § 4.4.3. Deze gewichtsfactoren zijn onder andere afhankelijk van de ligging van het rekenpunt ten opzichte van de bron. Hiermee wordt verdisconteerd dat de windroos niet rond is (in Nederland overheersen westelijke windrichtingen). Deze afhankelijkheid wordt beschreven als functie van de hoek $\vartheta(b)$ die de lijn van bron naar rekenpunt maakt met het geografische noorden. Voor de meteorologische dag geldt:

$$\overline{L_{Es,periode,d}(b)} = 10 \lg \sum_{m=1}^{27} g_d(m, \theta(b)) 10^{L_{Es,periode}(b,m)/10} \quad (3.2)$$

en voor de meteorologische nacht:

$$\overline{L_{Es,periode,n}(b)} = 10 \lg \sum_{m=1}^{27} g_n(m, \theta(b)) 10^{L_{Es,periode}(b,m)/10} \quad (3.3)$$

Voor de beoordeling van schietgeluid worden drie *juridische* beoordelingsperioden onderscheiden: dag, avond en nacht (zie § 2.5). De grenzen van deze juridische perioden vallen niet samen met de grenzen van de twee *meteorologische* perioden: de meteorologische dag en de meteorologische nacht. Hier moet rekening mee worden gehouden bij de berekening van de geluidbelasting voor de drie juridische perioden. Hiertoe wordt gebruik gemaakt van de fracties $w_{d,dag}$ en $w_{n,dag}$, die aangeven

welk gedeelte van de juridische dagperiode (gemiddeld) samenvalt met respectievelijk de meteorologische dag en de meteorologische nacht. Voor de juridische avondperiode worden analoog de fracties $w_{d,avond}$ en $w_{n,avond}$ gebruikt.

Voor de juridische nacht geldt dat deze (gemiddeld) vrijwel volledig binnen de meteorologische nacht valt. De fracties zijn in tabel 3.1 gegeven.

Voor de drie (juridische) beoordelingsperioden wordt voor een bron b de geluidbelasting bepaald volgens de formule:

~~3.4~~

$$B_{s,dag}(b) = 10\lg\left(w_{d,dag}10^{\overline{L_{Es,dag,d}(b)}/10} + w_{n,dag}10^{\overline{L_{Es,dag,n}(b)}/10}\right) + 10\lg\left(\frac{N_{dag}(b) + 2 \times N_{zondag,dag}(b)}{365}\right) - 10\lg(12 \times 3600)$$

$$B_{s,avond}(b) = 10\lg\left(w_{d,avond}10^{\overline{L_{Es,avond,d}(b)}/10} + w_{n,avond}10^{\overline{L_{Es,avond,n}(b)}/10}\right) + 10\lg(N_{avond}(b)/365) - 10\lg(4 \times 3600) + 5 \quad (3.4)$$

$$B_{s,nacht}(b) = \overline{L_{Es,nacht,n}(b)} + 10\lg(N_{nacht}(b)/365) - 10\lg(8 \times 3600) + 10$$

waarbij wordt verstaan onder

$w_{d,periode}$ weegfactor voor de meteorologische dag (zie tabel 3.1)

$w_{n,periode}$ weegfactor voor de meteorologische nacht (zie tabel 3.1)

N_{dag} aantal knallen per jaar in de dagperiode (inclusief zon- en feestdagen)

$N_{zondag,dag}$ aantal knallen per jaar in de dagperiode op zon- en feestdagen

N_{avond} aantal knallen per jaar in de avondperiode

N_{nacht} aantal knallen per jaar in de nachtperiode

Tabel 3.1 Fracties ($w_{d,periode}$ en $w_{n,periode}$) van de tijd dat het in de verschillende beoordelingsperioden een meteorologische dag respectievelijk nacht is.

Periode	Meteorologische dag	Meteorologische nacht
dag	$w_{d,dag} = 0,80$	$w_{n,dag} = 0,20$

Periode	Meteorologische dag	Meteorologische nacht
avond	$w_{d,avond} = 0,15$	$w_{n,avond} = 0,85$
nacht	$w_{d,nacht} = 0$	$w_{n,nacht} = 1$

De totale geluidbelasting voor een bepaalde beoordelingsperiode wordt bepaald volgens de formule:

$$B_{s,periode} = 10 \lg \left(\sum_b 10^{B_{s,periode}(b)/10} \right) \quad (3.5)$$

Bij deze som worden de afzonderlijke geluidcomponenten van een bron (mondingsgeluid, kogelgeluid en detonatiegeluid en hun reflecties) voor zover deze relevant zijn, als afzonderlijke bronnen beschouwd.

De dag-avond-nachtwaarde wordt bepaald door de geluidbelastingswaarden van de drie beoordelingsperiodes energetisch bij elkaar op te tellen, waarbij rekening moet worden gehouden met de duur van de periode, volgens de formule:

$$B_{s,dan} = 10 \lg \left\{ \frac{12}{24} 10^{B_{s,dag}/10} + \frac{4}{24} 10^{B_{s,avond}/10} + \frac{8}{24} 10^{B_{s,nacht}/10} \right\} \quad (3.6)$$

3.3. Bepaling gemiddelde toeslag voor laagfrequente componenten

Om voor een bepaalde juridische beoordelingsperiode een gemiddelde toeslag voor laagfrequente componenten in het schietgeluid te bepalen, wordt de deelbijdrage aan de geluidbelasting voor een bepaalde bron geschreven als:

$$B_{s,periode}(b) = L_{Aeq,periode}(b) + P_{imp} + P_{lf}(b) \quad (3.7)$$

hierin is $L_{Aeq,periode}(b)$ het equivalente geluidniveau vanwege schietgeluid voor één bron voor een gemiddelde dag voor een bepaalde juridische beoordelingsperiode en

$$\overline{P_{lf}(b)}$$

de bijbehorende laagfrequente toeslag, gemiddeld over alle meteorologische klassen.

Deze grootheden kunnen volgens onderstaande formules worden bepaald (voor de overzichtelijkheid zijn in de formules de afhankelijkheden van b en m niet weergegeven):

~~3.8)~~

$$L_{Aeq,dag}(b) = 10\lg\left(w_{d,dag} \sum_{m=1}^{27} g_d 10^{L_{AE}/10} + w_{n,dag} \sum_{m=1}^{27} g_n 10^{L_{AE}/10}\right) + 10\lg\left(\frac{N_{dag} + 2 \times N_{zondag,dag}}{365}\right) - 10\lg(12 \times 3600)$$

$$L_{Aeq,avond}(b) = 10\lg\left(w_{d,avond} \sum_{m=1}^{27} g_d 10^{L_{AE}/10} + w_{n,avond} \sum_{m=1}^{27} g_n 10^{L_{AE}/10}\right) + 10\lg(N_{avond} / 365) - 10\lg(4 \times 3600) + 5 \quad (3.8)$$

$$L_{Aeq,nacht}(b) = 10\lg\left(w_{d,nacht} \sum_{m=1}^{27} g_d 10^{L_{AE}/10} + w_{n,nacht} \sum_{m=1}^{27} g_n 10^{L_{AE}/10}\right) + 10\lg(N_{nacht} / 365) - 10\lg(8 \times 3600) + 10$$

~~3.9)~~

$$\overline{P_{lf}}(b) = 10\lg\left(w_{d,periode} \sum_{m=1}^{27} g_d 10^{(L_{AE}+P_{lf})/10} + w_{n,periode} \sum_{m=1}^{27} g_n 10^{(L_{AE}+P_{lf})/10}\right) - 10\lg\left(w_{d,periode} \sum_{m=1}^{27} g_d 10^{L_{AE}/10} + w_{n,periode} \sum_{m=1}^{27} g_n 10^{L_{AE}/10}\right) \quad (3.9)$$

Als een toeslag ook als gemiddelde over alle bronnen moet worden bepaald, moeten onderstaande formules worden toegepast:

$$B_{s,periode} = L_{Aeq,periode} + P_{imp} + \overline{P_{lf}} \quad (3.10)$$

$$L_{Aeq,periode} = 10\lg\left(\sum_b 10^{L_{Aeq,periode}(b)/10}\right) \quad (3.11)$$

$$\overline{P_{lf}} = 10\lg\left(\sum_b 10^{(L_{Aeq,periode}(b) + \overline{P_{lf}}(b))/10}\right) - 10\lg\left(\sum_b 10^{L_{Aeq,periode}(b)/10}\right) \quad (3.12)$$

3.4. Incidenteel gebruik

Als op een schietbaan op minder dan 30 dagen/jaar wordt geschoten, moet op $B_{s,periode}$ een correctie van $10 \lg(30/P_{periode})$ worden toegepast. $P_{periode}$ staat voor het aantal dagen per jaar dat op de schietbaan, onafhankelijk van het wapentype, in een bepaalde juridische beoordelingsperiode wordt geschoten.

De geluidbelasting voor een bepaalde juridische beoordelingsperiode $B_{s,periode}$ wordt dan (als $P_{periode} < 30$) bepaald volgens de formule:

$$B_{s,periode} = 10 \lg \left(\sum_{b=1} 10^{B_{s,periode(b)}/10} \right) + 10 \lg \left(\frac{30}{P_{periode}} \right) \quad (3.-13)$$

3.5. Salvo's

Omdat bij de meeste machinegeweren de knallen binnen een salvo nog afzonderlijk te horen zijn, is ter bepaling van de geluidbelasting ook bij deze wapens de algemene procedure van toepassing. Er bestaan echter ook wapens waarvan de repetiteerfrequentie zo hoog is (meer dan 25 schoten per seconde) dat de knallen niet meer afzonderlijk hoorbaar zijn. Ook dan wordt de geluidbelasting berekend op basis van het totaal aantal verschoten patronen binnen de salvo's.

4. Rekenmethode

4.1. Inleiding

In hoofdstuk 3 is beschreven hoe de hinderrelevante beoordelingsmaat voor schietgeluid, de geluidbelasting B_s , berekend wordt op basis van de A- en C-gewogen geluidexpositieniveaus van alle relevante schietgeluidbronnen, voor een verzameling van 27 meteorologische klassen. De berekening van deze geluidexpositieniveaus wordt in dit hoofdstuk beschreven.

4.2. Toepassingsbereik

Aan het toepassingsbereik van de methode zijn grenzen gesteld, die een gevolg zijn van keuzes, die bij de ontwikkeling van deze methode gemaakt zijn.

Voor de afstand tussen bron en rekenpunt is een bovengrens bepaald op 15 km. Voor grotere afstanden is de geluidbelasting van de in Nederland gebruikte wapentypen dermate laag dat berekening niet meer relevant wordt geacht. De gegevensbestanden die horen bij deze methode zijn daarom tot ten hoogste deze afstand toepasbaar.

De ondergrens in afstand wordt door verschillende factoren bepaald. Uitgangspunt is dat het model toegepast wordt voor de berekening van de geluidbelasting rond schietbanen. Bij de ontwikkeling van het model is er daarom vanuit gegaan dat op afstanden korter dan 50 m van het wapen geen geluidniveaus hoeven te worden berekend. Daarnaast wordt de ondergrens bepaald door de eis dat de rekenmethode alleen kan worden toegepast voor het gebied waar de geluidoverdracht door een

lineair model kan worden beschreven. Voor zware wapens ligt de ondergrens hierdoor verder weg dan voor lichte wapens. Tot slot wordt de ondergrens ook bepaald door de afmetingen van een bron. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een schermenbaan of een deel van een oefengebied. In deze methode worden deze complexe bronnen door een of meer bronnen gemodelleerd. Deze beschrijving is echter pas op enige afstand geldig.

Ook aan het frequentiebereik zijn grenzen gesteld. De rekenmethode is alleen toepasbaar als de relevante geluidenergie beperkt is tot het frequentiegebied lopend van de 16 Hz tot de 4000 Hz octaafband. Voor de in Nederland toegepaste wapentypen kan hiervan worden uitgegaan. Voor exceptionele gevallen (bijvoorbeeld zware vliegtuigbommen) kunnen nog lagere frequenties een belangrijke rol spelen. De methode is dan niet zonder meer toepasbaar.

Een uitgangspunt van de rekenmethode is ook dat de toestand van de atmosfeer in het gebied tussen bron en rekenpunt niet afhangt van de positie. In de meeste situaties in de praktijk wordt hier in goede benadering aan voldaan, maar er zijn uitzonderingen. Zo kan bijvoorbeeld de meteorologische situatie in het Waddenzeegebied en kustgebieden zeer complex zijn. Door temperatuurverschillen tussen land en water ontstaan zogenaamde zeewindverschijnselen. De windrichting en -snelheid en ook de temperatuur zullen dan van plaats tot plaats anders zijn. De methode is in deze bijzondere situaties niet zonder meer toepasbaar.

In theorie zou men zich een schietoefening kunnen voorstellen waarbij ongebruikelijk hoge geluidniveaus optreden. Het is echter niet nodig om grenswaarden aan het geluidexpositieniveau te stellen, omdat bij toepassing van de beoordelingsmethode onmiddellijk blijkt dat zo'n oefening ook een hoge geluidbelasting geeft.

4.3. Principe van de rekenmethode

Uitgangspunt van de methode is de relatie:

$$\begin{aligned} L_E(b, m, f_k) &= L_{Eb}(b, f_k) - \sum D(f_k, m) \\ \text{immissieniveau} &= \text{bronniveau} - \text{dempingstermen} \end{aligned} \quad (4.-1)$$

Per rekenpunt wordt per bron (index b), per octaafband (f_k) en voor een verzameling van 27 meteorologische klassen (index m) de geluidimmissie volgens deze relatie bepaald. Zowel het geluidimmissieniveau als het bronniveau worden hierbij als geluidexpositieniveau uitgedrukt. Uit het octaafbandspectrum $L_E(b, m, f_k)$ worden het A-gewogen immissieniveau $L_{AE}(b, m)$ en het C-gewogen immissieniveau $L_{CE}(b, m)$ berekend. Deze niveaus vormen de basis voor de berekening van de hinderrelevante beoordelingsmaat voor schietgeluid, de geluidbelasting B_s , zoals beschreven in hoofdstuk 3.

De dempingstermen die in het model worden gebruikt zijn:

$$\sum D = D_{geo} + D_{lucht} + D_{bodem} + D_{scherm} + D_{nlin} \quad (4.-2)$$

waarbij wordt verstaan onder:

D_{geo} geometrische demping;

$D_{lucht}(f_k)$ demping t.g.v. luchtabSORptie;

$D_{bodem}(f_k, m)$ demping t.g.v. de bodem;

$D_{scherm}(f_k, m)$ demping door geluidwerende obstakels;

D_{nlin} extra dempingsterm als gevolg van niet-lineaire geluidoverdracht van kogelgeluid.

Zowel de bodemdemping D_{bodem} als de schermwerking D_{scherm} zijn afhankelijk van de meteorologische klasse m . De bodemdemping D_{bodem} is gedefinieerd als de totale demping in een situatie zonder afschermende objecten, verminderd met D_{geo} , D_{lucht} en D_{nlin} . Met de term D_{scherm} wordt de extra demping beschreven van een afschermend object. Hierbij moet worden opgemerkt dat ook de bodemdemping wordt beïnvloed door de aanwezigheid van het afschermende object (namelijk via de effectieve hoogte van de bron of het rekenpunt; zie paragraaf 4.6.5). D_{scherm} is dus *niet* gelijk aan de tussenschakelverzwakking van het afschermende object.

D_{nlin} is alleen van toepassing voor de berekening van de geluidbelasting door kogelgeluid.

Reflecties van mondingsgeluid, kogelgeluid en detonatiegeluid worden als afzonderlijke bronnen beschouwd. Er worden hierbij twee soorten reflecties onderscheiden: spiegelreflecties en diffuse reflecties.

Spiegelreflecties treden op aan verticale of bijna verticale vlakken, bijvoorbeeld een muur of een scherm; de hoek tussen het vlak en de verticaal moet kleiner dan 10° zijn, anders wordt de spiegelreflectie niet meegerekend. Spiegelreflecties worden gemodelleerd met spiegelbronnen. Een reflectie aan een vlak draagt alleen aan het immissieniveau bij als een optische spiegeling van de bron naar het rekenpunt via dat vlak mogelijk is. Er wordt hierbij geen rekening gehouden met kromming van geluidstralen. Het bronniveau van een spiegelbron L_{Eb}^* is lager dan het bronniveau van de originele bron; het wordt bepaald uit het bronniveau L_{Eb} van de originele bron volgens de formule:

$$L_{Eb}^* = L_{Eb} - D_{refl} \quad (4.3)$$

waarin L_{Eb} het bronniveau (per octaafband) van de originele bron in de richting van het reflectiepunt is en D_{refl} de reflectiedemping.

Diffuse reflecties treden op aan een bosrand; als er minder dan drie bomenrijen aanwezig zijn wordt de diffuse reflectie niet meegerekend. Een diffuse reflectie treedt op als er 'zicht' is op de bosrand vanuit zowel de positie van de bron als de positie van het rekenpunt; optische spiegeling is hierbij irrelevant. Diffuse reflecties worden gemodelleerd met behulp van virtuele bronnen. Over het algemeen worden er per diffuus reflecterend vlak verschillende virtuele bronnen onderscheiden, dit in tegenstelling tot spiegelreflecties waarbij een reflectie aan een vlak door één spiegelbron wordt gemodelleerd. De bijdragen van de virtuele bronnen aan het totale geluidniveau op het rekenpunt

kunnen als incoherent worden beschouwd, zodat elke virtuele bron als een aparte bron kan worden behandeld. Net als bij spiegelreflecties wordt door een reflectiedemping D_{refl} rekening gehouden met het feit dat het bronniveau van een virtuele bron lager is dan dat van de originele bron. Ook hierbij wordt gebruik gemaakt van formule 4.3.

Meervoudige reflecties worden verwaarloosd. Er treedt dus ten hoogste één spiegelreflectie of diffuse reflectie op langs een geluidpad van de bron naar het rekenpunt. Er kunnen wel verschillende geluidpaden met een reflectie optreden.

Voor de berekening van de geluidbelasting wordt gebruik gemaakt van vijf verschillende gegevensbestanden:

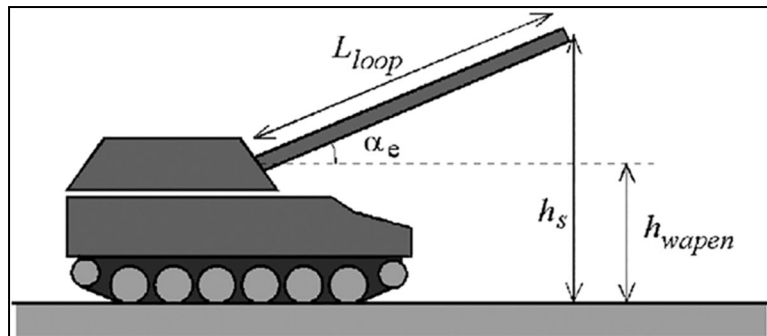
- gegevensbestand met brongegevens en andere bronparameters;
- gegevensbestand voor het bepalen van de bodemdemping D_{bodem} ;
- gegevensbestanden voor het bepalen van de statistische gewichten van de 27 meteorologische klassen.

In principe wordt voor de berekening van de geluidbelasting van zowel mondingsgeluid, detonatiegeluid als kogelgeluid van dezelfde basisformule (4.1) uitgegaan. Het onderscheid zit hem in de manier waarop de verschillende dempingstermen worden berekend. In de volgende paragrafen worden de verschillende onderdelen van de berekeningsmethode in detail besproken. Waar er verschillen zijn tussen de berekening van mondingsgeluid en kogelgeluid, worden deze per onderdeel behandeld.

Ook voor kogelgeluid wordt de berekening uitgevoerd alsof het geluid van een puntbron afkomstig is. Het opmerkelijke bij kogelgeluid is, dat hierbij de bronniveaus rekentechnisch worden vastgesteld (zie § 4.6.1). Dit in tegenstelling tot mondingsgeluid, waarvan de bronsterkte uit metingen is bepaald. Kenmerkend voor kogelgeluid is daarnaast dat dit alleen in bepaalde gebieden waarneembaar is. Drie gebieden worden onderscheiden waarvoor andere berekeningsmethoden worden gehanteerd. Dit komt onder andere naar voren in de manier waarop de geometrische demping bepaald wordt.

Voor de berekening van de luchtdemping wordt eerst het bronspectrum van het mondingsgeluid (dat uit octaafbanden bestaat), geconverteerd naar een tertsband-bronspectrum. Voor kogelgeluid is deze conversie niet nodig omdat de bronsterkte hiervan al in tertsen wordt bepaald.

Voor de berekening van de afscherming worden drie bijdragen bepaald via verschillende paden; via één verticaal pad en via twee horizontale paden om het scherm heen. Voor de hiervoor genoemde drie brontypen is de berekeningsmethode gelijk, echter voor kogelgeluid zijn de horizontale paden anders gedefinieerd (zie figuur 4.12). Voor de bodemdemping wordt voor mondingsgeluid, detonatiegeluid en kogelgeluid van dezelfde berekeningsmethode uitgegaan, waarbij bij kogelgeluid – als dit is afgeschermd – de horizontale paden en het verticale pad elk een ander bronpunt kunnen hebben. Tot slot wordt ook voor de berekening van de reflectiebijdrage voor kogelgeluid een aangepaste methode toegepast.



Figuur 4.1: Met de parameters h_{wapen} en L_{loop} kan de hoogte h_s van het bronpunt van de mondingsknal worden berekend voor een gegeven elevatiehoek α_e . In deze afbeelding valt het bronpunt samen met de vuurmond, maar in het algemeen kan het bronpunt op enige afstand van de vuurmond liggen. L_{loop} is dan langer dan de feitelijke lengte van de loop (zie § 4.5.1).

4.4. Toe te passen gegevensbestanden

4.4.1. Gegevensbestanden van bronnen

Een gegevensbestand van schietgeluid-bronnen bevat gegevens van een groot aantal wapen-munitie-gebruikssituatie combinaties. Voor elke combinatie bevat het bestand achtereenvolgens de volgende elementen:

- Richtingsafhankelijke bronniveaus voor de verschillende octaafbanden van het mondings- of detonatiegeluid voor wapen-munitie combinaties, die in Nederland voor een bepaalde gebruikssituatie (vrije veld of bijvoorbeeld op een schermenbaan) worden gebruikt. Een verdere beschrijving wordt onder deze opsomming gegeven.
- Hoogte van wapen (h_{wapen}) en lengte van de loop (L_{loop}) in [m] (zie ook figuur 4.1). Deze grootheden zijn hierbij zo gedefinieerd, dat bij een gegeven elevatiehoek α_e van de loop van het wapen, de hoogte van het bronpunt boven het plaatselijk maaiveld (h_s) bepaald wordt volgens de formule:

$$h_s = h_{wapen} + L_{loop} \sin \alpha_e \quad (4.4)$$

- Specificatie van de munitie (met bijbehorende aandrijvende lading) of NOV-code van de munitie.
- Als het projectiel de loop supersoon verlaat bevat het gegevensbestand bovendien:
 - Lengte van de kogel (l_{kogel}) van punt van kogel tot zijn grootste diameter [mm] (zie figuur 2.1);
 - Maximale diameter van de kogel (d_{kogel}) [mm];
 - Beginsnelheid (v_0) van de kogel [m/s];
 - Verandering van de kogelsnelheid (v_1) per meter afgelegde weglengte [1/s].

Deze parameters worden gebruikt voor de berekening van het bronniveau van kogelgeluid (zie paragraaf 4.6.1). De kogelsnelheid v_k op een afstand x van de mond van het wapen wordt gegeven door de relatie:

$$v_k = v_0 + v_1 x \quad (4.-5)$$

Voor hand- en vuistvuurwapens kan het aantal wapen-munitiecombinaties dat op een schietbaan wordt gebruikt zo groot zijn dat het een onevenredige inspanning is om voor al deze combinaties de geluidbronsterkte vast te stellen. Hiertoe zijn een aantal standaard categorieën met bijbehorende bronsterkte gedefinieerd, die kunnen worden gebruikt als geen bronsterktemetingen voor die wapen-munitiecombinatie beschikbaar zijn. Deze categorieën zijn beschreven in de Toelichting op toepassing van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid.

Bronniveau van het mondingsgeluid en detonatiegeluid

Het gegevensbestand bevat octaafbandspectra van het bronniveau van mondingsgeluid en detonatiegeluid, voor een aantal richtingen. De spectra zijn geordend als een matrix $L_{Eb}(\phi_j, f)$, voor de octaafbanden met middenfrequenties $f_k = 16 \text{ Hz}, 31,5 \text{ Hz}, \dots, 4.000 \text{ Hz}$ en N hoeken ϕ_j met $j = 1, 2, \dots, N$. De hoek ϕ_j is hierbij gedefinieerd als de hoek tussen de lijn van bron naar rekenpunt en de vuurlijn (vanuit de bron met de klok mee gemeten, in een bovenaanzicht). De waarde $\phi = 0^\circ$ komt dus overeen met de schietrichting. Als er in het bronnenbestand voor een bepaalde wapen-munitiecombinatie geen bronniveaus opgenomen zijn voor hoeken groter dan 180° , wordt uitgegaan van een symmetrische uitstraling rond de schietrichting. Bronniveaus in richtingen die niet in het gegevensbestand zijn opgenomen worden door interpolatie bepaald.

Als in het gegevensbestand de bronsterkte alleen voor 0° gegeven is, betekent dit dat deze bron richtingsonafhankelijk is. De gegeven bronsterkte geldt dan voor alle hoeken.

In die gevallen waarbij de schietrichting niet bepaald is (bijvoorbeeld op oefenterreinen) wordt de bron als een richtingsonafhankelijke puntbron gemodelleerd. Het richtingsonafhankelijke spectrum wordt uit het hoekafhankelijke bronspectrum bepaald door een gewogen energetische middeling volgens de formule:

$$L_{Eb}(f_k) = 10 \lg \sum_{j=1}^N g_j 10^{L_{Eb}(f_k, \phi_j)/10} \quad (4.-6)$$

waarbij wordt verstaan onder:

$L_{Eb}(f_k)$: het energetisch gemiddelde bronniveau

$L_{Eb}(f_k, \phi_j)$: het bronniveau in richting ϕ_j ten opzichte van de schietrichting

N : aantal beschikbare hoeken

g_j : gewichtsfactor

De gewichtsfactor wordt bepaald volgens de formule:

$$\begin{cases} g_1 = \frac{\phi_2 + \phi_1}{360} \\ g_j = \frac{\phi_{j+1} - \phi_{j-1}}{360} \\ g_{N-1} = \frac{\phi_N + \phi_{N-1}}{360} \end{cases}$$

Interpolatiemethode

Met behulp van de matrix $L_{Eb}(\phi_j, f_k)$ kan het octaafbandspectrum van het bronniveau voor een willekeurige hoek ϕ worden berekend door interpolatie. Hiervoor wordt de zogenaamde *cubic spline* interpolatiemethode gebruikt. De methode is hieronder beschreven voor een willekeurige octaafband. Er is hierbij uitgegaan van een symmetrische geluidemissie. Voor het gemak is het argument f_k in $L_{Eb}(\phi_j, f_k)$ weggelaten. Drie gevallen worden onderscheiden:

- $0^\circ \leq \phi < \phi_1$;
- $\phi_N < \phi \leq 180^\circ$;
- $\phi_j < \phi < \phi_{j+1}$ voor een index $j < N$.

In de eerste twee gevallen is interpolatie niet mogelijk. De bronsterkte wordt dan bepaald volgens de formules:

$$L_{Eb}(\phi) = L_{Eb}(\phi_1) \quad \text{voor } 0^\circ \leq \phi < \phi_1$$

$$L_{Eb}(\phi) = L_{Eb}(\phi_N) \quad \text{voor } \phi_N < \phi \leq 180^\circ$$

In het derde geval wordt de bronsterkte bepaald volgens de formule:

$$L_{Eb}(\phi) = AL_{Eb}(\phi_j) + BL_{Eb}(\phi_{j+1}) + CL''_{Eb}(\phi_j) + DL''_{Eb}(\phi_{j+1}) \quad (4.7)$$

met

$$A = \frac{\phi_{j+1} - \phi}{\phi_{j+1} - \phi_j} \quad B = 1 - A$$

$$C = \frac{1}{6}(A^3 - A)(\phi_{j+1} - \phi_j)^2 \quad D = \frac{1}{6}(B^3 - B)(\phi_{j+1} - \phi_j)^2$$

$L''_{Eb}(\phi_j)$ is de tweede-orde afgeleide van de functie $L_{Eb}(\phi)$ voor $\phi = \phi_j$. Voor $j=1$ tot N zijn deze waarden in het gegevensbestand opgenomen.

4.4.2. Gegevensbestand voor bepaling bodemdemping

Het gegevensbestand voor de bepaling van de bodemdemping bevat resultaten van berekeningen met een numeriek rekenmodel voor geluidoverdracht, het Parabolic-Equation model (PE model). Het betreft berekeningen van de bodemdemping voor de 27 meteorologische klassen exclusief geometrische demping en luchtdemping. De berekeningsresultaten zijn gegeven als coëfficiënten van een twintigste-orde polynoom. De bodemdemping voor een specifieke situatie wordt bepaald volgens de formule:

$$D_{bodem} = - \sum_{i=0}^{20} c_i (-2 + \lg R)^i \quad (4.-8)$$

waarbij wordt verstaan onder:

c_i coëfficiënten van twintigste-orde polynoom;

R horizontale afstand van bronpunt naar rekenpunt.

De 21 coëfficiënten van de polynoom zijn in het bestand gegeven voor:

- 27 meteorologische klassen;
- 3 waarden voor de akoestische bodemhardheid (reflecterend, absorberend en zeer absorberend);
- 12 hoogten van rekenpunten (0,1; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10 en 15 m) (0,1; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10 en 15 m);
- 16 bronhoogten (0,1; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 15; 20; 30; 40 en 50 m) (0,1; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 15; 20; 30; 40 en 50 m);
- 9 octaafbanden (16 Hz t/m 4.000 Hz).

Totaal bevat dit bestand dus $21 \times 27 \times 3 \times 12 \times 16 \times 9 = 2.939.328$ coëfficiënten.

Meteorologische klassen

In deze methode worden 27 meteorologische klassen onderscheiden. Een klasse wordt gerepresenteerd door een functie, die de geluidsnelheid beschrijft als functie van de hoogte; het zogenaamde geluidsnelheidsprofiel. Deze profielen zijn in drie groepen onderverdeeld:

4.9)

groep 1: $c_n(h) = c_{10} + b_n[(h/h_0 + 1)^{-0.3} - 1]$

Voor $n = 1 \dots 7$;

groep 2: $c_n(h) = c_{10} + b_n \ln(h/h_0 + 1)$

Voor $n = 8 \dots 18$;

groep 3: $c_n(h) = c_{10} + b_n [(h/h_0 + 1)^{+0.3} - 1]$

Voor $n = 19 \dots 27$.

waarbij wordt verstaan onder:

$c_n(h)$ geluidsnelheidsprofiel;

h hoogte t.o.v. plaatselijk maaiveld;

h_0 referentiehoogte $h_0 = 0,10,1$ m;

c_{10} geluidsnelheid bij 10°C en 1 atmosfeer (zie paragraaf 2.10);

b_n parameter van het geluidsnelheidsprofiel (zie tabel 4.1).

Tabel 4.1 Waarden van de parameters b_n (in m/s) uit de formules (4.9). Tegenwind en neutrale situaties zijn vet gemarkeerd.

Groep 1	$b_1 = 10$	$b_2 = 3$	$b_3 = 1$	$b_4 = -1$	$b_5 = -3$	$b_6 = -6$	$b_7 = -10$
Groep 2	$b_8 = -1$	$b_9 = -0,4$	$b_{10} = -0,2$	$b_{11} = 0$	$b_{12} = 0,20,2$	$b_{13} = 0,40,4$	$b_{14} = 0,70,7$
	$b_{15} = 1,11,1$	$b_{16} = 1,51,5$	$b_{17} = 2$	$b_{18} = 2,52,5$			
Groep 3	$b_{19} = -1$	$b_{20} = -0,5$	$b_{21} = -0,2$	$b_{22} = 0,20,2$	$b_{23} = 0,40,4$	$b_{24} = 0,650,65$	$b_{25} = 1$
	$b_{26} = 1,41,4$	$b_{27} = 2$					

Formule (4.8) is vanaf 15 m tot een bepaalde maximum afstand geldig. De minimale en maximale afstand zijn in het gegevensbestand opgenomen. Voor afstanden groter dan de maximale afstand wordt de waarde op de maximale afstand genomen. Voor afstanden kleiner dan 15 m kan formule 4.8 niet worden toegepast. Als echter het geluidpad over verschillende bodemtypen loopt kan het voorkomen dat een bronpunt op korte afstand van een bodemovergang ligt en over een afstand kleiner dan 15 m de bodemdemping moet worden bepaald (zie ook paragraaf 4.6.4).

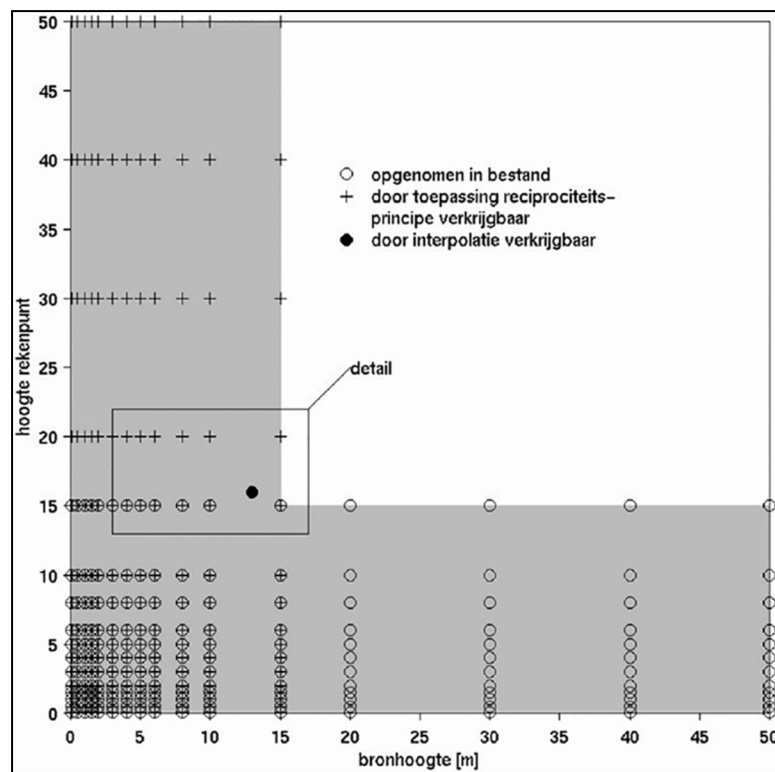
In dat geval moet gebruik worden gemaakt van onderstaande interpolatieformule:

$$D_{bodem}(R) = \frac{R}{15} D_{bodem}(R=15\text{m}) \quad \text{voor } R < 15\text{m} \quad (4.-10)$$

Interpolatie en extrapolatie

Het gegevensbestand is gevuld voor een gekozen verzameling van combinaties van hoogtes van het bron- en rekenpunt. Deze verzameling kan worden uitgebreid met de reciproque combinaties. Het reciprociteitsprincipe houdt in dat de waarde van de bodemdemping niet verandert als bron- en rekenpunt worden omgewisseld. In formule:

$$D_{bodem}(h_s, h_r) = D_{bodem}(h_r, h_s) \quad (4.-11)$$



Figuur 4.2a: Overzicht van combinaties van bronhoogte en hoogte van het rekenpunt die in het gegevensbestand zijn opgenomen of die door toepassing van het reciprociteitsprincipe kunnen worden verkregen.

Als een combinatie van bron en rekenpunt binnen het grijs gemarkeerde gebied van figuur 4.2a ligt maar niet in het gegevensbestand voorkomt en ook niet als reciproque combinatie bestaat, zal voor deze combinatie de bodemdemping door interpolatie moeten worden bepaald. Hiervoor worden die

vier punten gebruikt, die op de hoekpunten liggen van een rechthoek rond het te interpoleren punt $[h_s, h_r]$ (zie figuur 4.2.b). De overdracht voor de gewenste combinatie van bronhoogte en hoogte van het rekenpunt wordt vervolgens gegeven volgens de formule:

$$\begin{aligned}
 D_{bodem}(h_s, h_r) = & (1-t)(1-u)D_{bodem}(h_{s,1}, h_{r,1}) + \\
 & + t(1-u)D_{bodem}(h_{s,2}, h_{r,1}) + \\
 & + t.uD_{bodem}(h_{s,2}, h_{r,2}) + \\
 & + (1-t)uD_{bodem}(h_{s,1}, h_{r,2})
 \end{aligned}
 \tag{4.-12}$$

met

$$t = \frac{h_s - h_{s,1}}{h_{s,2} - h_{s,1}}$$

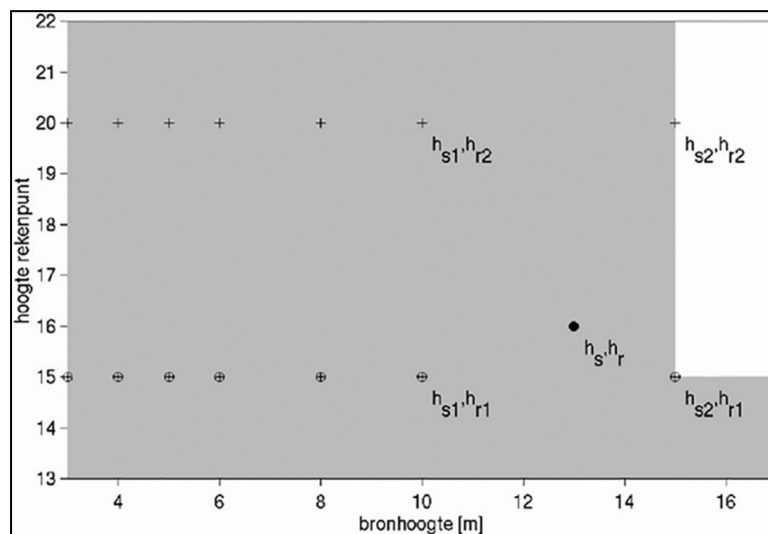
$$u = \frac{h_r - h_{r,1}}{h_{r,2} - h_{r,1}}$$

waarbij wordt verstaan onder:

h_s hoogte bronpunt boven plaatselijk maaiveld;

h_r hoogte rekenpunt boven plaatselijk maaiveld;

$h_{s,k}$, $h_{r,n}$ hoogte van bronpunt resp. rekenpunt voor $(k,n) = (1,1), (1,2), (2,1)$, en $(2,2)$ waarvan de combinatie wel in het gegevensbestand is opgenomen (zie figuur 4.2b).



Figuur 4.2b: Detail van figuur 4.2a. Aangegeven is hoe de geluidoverdracht door interpolatie kan worden bepaald.

Als een combinatie niet binnen het grijs gemarkeerde gebied van figuur 4.2a ligt, wordt de bodemdemping door extrapolatie bepaald met behulp van onderstaande relatie:

$$D_{bodem}(h_s, h_r) = D_{bodem}(15h_s) + D_{bodem}(15h_r) - D_{bodem}(1515) \quad (4.-13)$$

Als de hoogte van de bron of van het rekenpunt kleiner is dan 0,1 m moet 0,1 m worden aangehouden. Voor hoogten groter dan 50 m heeft dit gegevensbestand geen geldigheid meer.

4.4.3. Gegevensbestand met statistische gewichten

Een statistisch gewicht geeft de kans aan dat een meteorologische situatie van een klasse m voorkomt. Deze kans hangt van verschillende factoren af. Zo is de kans afhankelijk van het dagdeel (meteorologische dag of meteorologische nacht) respectievelijk aangegeven met het symbool $g_d(m, \vartheta)$ en $g_n(m, \vartheta)$. De kans is bovendien afhankelijk van de hoek ϑ die de lijn van bron naar rekenpunt maakt met het geografische noorden en tot slot ook van de gemiddelde bodemruwheid onder het geluidpad (zie ook paragraaf 4.6.7 en paragraaf 4.6.8).

Een maat voor de bodemruwheid is de ruwheidslengte z_0 . In tabel 4.2 zijn de ruwheidslengtes gegeven waarvoor de statistische gewichten bepaald zijn.

Tabel 4.2 Ruwheidslengtes z_0 waarvoor in het gegevensbestand statistische gewichtsfactoren zijn opgenomen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_0 (cm)	0,02	0,1	0,5	1,2	3	6	10	15	20	25

De gemiddelde ruwheid van de bodem wordt bepaald als gewogen gemiddelde van de ruwheidslengtes van de gebieden langs het geluidpad.

$$\bar{z}_0 = \frac{1}{r} \sum_{j=1}^N (r_{\max,j} - r_{\min,j}) z_{0,j} \quad (4.-14)$$

waarbij wordt verstaan onder (zie ook figuur 4.3):

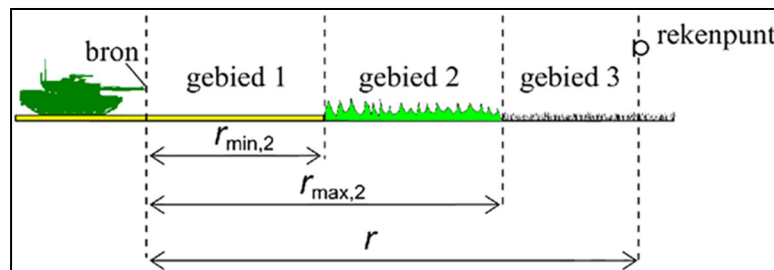
$z_{0,j}$ ruwheidslengte van doorlopen deelgebied j ;

$r_{\min,j}$ kortste horizontale afstand van bron tot grens deelgebied langs geluidpad;

$r_{max,j}$ grootste horizontale afstand van bron tot grens deelgebied langs geluidpad;

r horizontale afstand van bron naar rekenpunt langs geluidpad;

N aantal door het geluidpad doorsneden deelgebieden.



Figuur 4.3: Definitie van grenzen van ruwheidsgebieden bij bepaling van de gemiddelde ruwheid.

In het gegevensbestand *statgew.bin* zijn voor 10 verschillende waarden van de ruwheid (zie tabel 4.2), voor 60 verschillende hoeken (in stappen van 6°) en voor de 27 meteorologische klassen de statistische gewichten gegeven voor de meteorologische dag en de nacht. Voor waarden van de ruwheid waarvoor in het gegevensbestand geen gewicht is opgenomen wordt het gewicht van de dichtstbijgelegen ruwheidswaarde gebruikt. Voor waarden van de hoek waarvoor geen gewicht is opgenomen wordt een geïnterpoleerde waarde berekend volgens de formule:

$$g(m, \theta) = g(m, \theta_1) + \frac{(\theta - \theta_1)}{(\theta_2 - \theta_1)} (g(m, \theta_2) - g(m, \theta_1))$$

waarin θ_1 en θ_2 de dichtstbijgelegen hoeken zijn. Dit gegevensbestand bevat hiervoor $27 \times 2 \times 10 \times 60 = 32.400$ verschillende statistische gewichten.

In het bovenstaande gegevensbestand hebben een aantal statistische gewichten een waarde gelijk aan nul of relatief een lage waarde ($\leq 0,01$). De bijdrage voor deze profielen zal gering zijn. Eventueel kunnen deze bijdragen worden toegeschreven aan profiel 18 om zo de berekeningen te vereenvoudigen. Het statistisch gewicht van de profielen met een kleine bijdragen moet dan bij het statisch gewicht van profiel 18 worden opgeteld zodat de som van de gewichten weer gelijk aan 1 is.

Voor het geval dat het gebruik van de schietbaan gekoppeld is aan de heersende windrichting wordt een aangepaste procedure gebruikt. In dit geval is er een zogenaamde windroossector gedefinieerd waarmee een gedeelte van de windroos wordt aangegeven waarbij schietactiviteiten op de schietbaan kunnen plaatsvinden. Deze windroossector wordt door twee parameters bepaald, die de grootte en positie van de sector aangeven (zie paragraaf 2.4 en figuur 4.4). De statistische gewichten zijn van deze twee parameters afhankelijk naast de hiervoor genoemde grootheden (meteorologische klasse, dagdeel, hoek van bron naar rekenpunt met geografisch noorden en de gemiddelde ruwheid onder het geluidpad). Omdat het teveel opslagruimte zou vragen om voor alle

mogelijke combinaties van al deze parameters de gewichten te geven is een rekenprocedure ontwikkeld waarmee de gewichten op eenvoudige wijze kunnen worden bepaald.

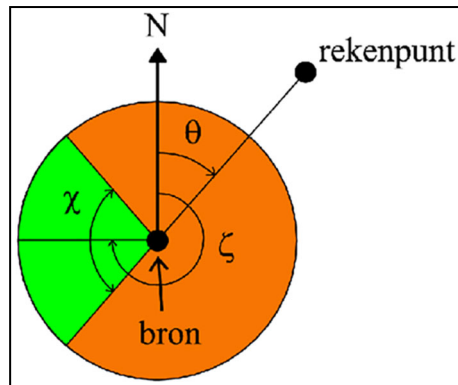
Voor de berekening wordt gebruik gemaakt van twee gegevensbestanden (*statmet.bin* en *metprof.bin*). In het eerste bestand wordt de kans gegeven dat een bepaalde combinatie van windsnelheid, windrichting en bewolkingsgraad voorkomt. Voor de meteorologische dag zijn deze kansen als seizoensgemiddelde gegeven (dus achtereenvolgens voor de lente, zomer, herfst en de winter), voor de meteorologische nacht wordt een jaargemiddelde waarde gebruikt. Met het tweede bestand kan worden bepaald bij welke omstandigheden welke meteorologische klasse hoort.

Het is een groot bestand waarin de meteorologische klasse gegeven wordt als functie van:

- gemiddelde ruwheid onder het geluidpad (voor 10 ruwheden zie tabel 4.2);
- geluidvoortplantingsrichting (voor 0° tot 354° in stappen van 6°);
- windsnelheid (voor 15 klassen);
- windrichting (voor 0° tot 354° in stappen van 6°);
- bewolkingsgraad (voor 9 klassen);
- seizoen (voor de meteorologische dag voor 4 seizoenen; voor de meteorologische nacht is een jaargemiddelde gegeven).

De berekening van een statistisch gewicht verloopt dan als volgt: eerst wordt bepaald welke gedigitaliseerde waarden van de windrichting (lopend van 0° tot 354° in stappen van 6°) binnen de windroossector liggen. Vervolgens wordt de dichtstbijgelegen ruwheidswaarde uit tabel 4.2 gekozen, die overeenkomt met de gemiddelde ruwheidswaarde onder het geluidpad (zie formule 4.14). Voor deze waarden wordt in bestand *metprof.bin* gezocht naar alle combinaties van windsnelheid, windrichting, bewolkingsgraad en – voor de meteorologische dag – seizoen, die bij een van de 27 meteorologische klassen horen. Met behulp van het bestand *statmet* kan de kans worden bepaald dat een dergelijke combinatie optreedt. Per meteorologische klasse worden de kansen gesommeerd van al de combinaties, die bij die klasse horen. Uit de zo verkregen waarden (27 voor de meteorologische dag en 27 voor de meteorologische nacht) worden tenslotte de statistische gewichten bepaald door deze 27 waarden te normeren met hun som voor respectievelijk de dag en de nacht zodat geldt:

$$\sum_{m=1}^{27} g_d(m, \theta) = \sum_{m=1}^{27} g_n(m, \theta) = 1 \quad (4.-15)$$



Figuur 4.4: Een windroossector $[\chi, \zeta]$ betekent dat alleen windrichtingen $\zeta \pm \chi/2$ relevant zijn (de groene sector in de figuur). Dit voorbeeld toont een windroossector $[90^\circ, 270^\circ]$, waarbij alleen windrichtingen tussen noordwest en zuidwest relevant zijn. De hoek ϑ , die de lijn van bron- naar rekenpunt maakt met het geografische noorden, is ook aangegeven.

Als de geluidvoortplantingsrichting niet gelijk is aan een veelvoud van 6° tussen 0° en 354° dan wordt bovenstaande procedure uitgevoerd voor de twee dichtstbijgelegen waarden voor de richting. Het uiteindelijk gewicht wordt vervolgens (vergelijkbaar met hoe dit hiervoor is aangegeven) door lineaire interpolatie bepaald.

4.5. Invoergrootheden rekenmethode

4.5.1. Brongegevens

Mondingsgeluid

Voor de berekening van de geluidbelasting van het mondingsgeluid moeten van elke wapen-munitiecombinatie de volgende geometrische parameters bekend zijn:

- (x_s, y_s, h_{wapen}) wapenpositie, waarbij h_{wapen} de hoogte van het wapen is ten opzichte van het plaatselijke maaiveld;
- α_e elevatie van wapen;
- ψ schietrichting t.o.v. het noorden in het horizontale vlak.

De bronnen van het mondingsgeluid worden gerepresenteerd als puntbronnen. De positie van de puntbron ligt voor lichte wapens aan het uiteinde van de loop, voor zwaardere wapens ligt dit punt op enige afstand van de vuurmond in het verlengde van de loop. In het gegevensbestand van bronnen is hiermee rekening gehouden door de looplengte te definiëren als de afstand van het draaipunt tot aan het bronpunt. De bronpositie kan zo met behulp van eenvoudige geometrische formules uit bovenstaande gegevens worden berekend (zie formule 4.4).

Militaire oefenterreinen

Bij militaire oefenterreinen zijn de exacte bronposities vaak onbekend. Wel kan een gebied worden aangegeven waar mogelijk geschoten wordt. Voor de modellering van een oefenterrein worden daarom gebieden geselecteerd waarbinnen kan worden aangenomen dat de kans dat op een

mogelijke positie geschoten wordt uniform over dit gebied verdeeld is en waarbij elke schietrichting even waarschijnlijk is. Er is hierbij vanuit gegaan dat alleen met losse patronen wordt geschoten. Als niet aan deze voorwaarden wordt voldaan, zal van de exacte bronpositie uit moeten worden gegaan.

Voor de modellering van een oefenterrein verdient het aanbeveling van een referentie-oefening uit te gaan. De volgende benaderingen zijn daarbij gebruikelijk om de geluidbelasting door schieten en knallen te beschrijven:

1. Er wordt een referentieoefening gedefinieerd. Deze bestaat uit diverse oefensituaties die aan een gebied worden gekoppeld. Bijvoorbeeld: 'Patrouille zuivert bosgebied in dagperiode'.
2. Het aantal knallen per munitiesoort en wapentype wordt uniform verdeeld gedacht over de diverse gebieden waarin deze oefening voorkomt, tenzij uitdrukkelijk anders aangegeven.
3. Als niet uitdrukkelijk anders wordt aangegeven, wordt uitgegaan van de energetisch gemiddelde bronsterkte per wapentype over alle (horizontale) richtingen (zie formule 4.6). In het bijzonder geldt dit voor gevallen waarin een aanvallende en verdedigende partij is.
4. In paragraaf 4.6.1 is aangegeven hoe de gebieden moeten worden opgedeeld voor de overdrachtsberekening.
5. Omdat er met losse patronen of simulatoren wordt geoefend, speelt kogelgeluid geen rol.

Kogelgeluid

Uit het bronnenbestand kan worden gelezen of voor een wapen-munitiecombinatie de startsnellheid van het te verschioten projectiel supersoon is. In dit geval kan kogelgeluid van belang zijn. Voor lichte wapentypen wordt er voor de berekening vanuit gegaan dat de kogelbaan evenwijdig aan de bodem loopt. De elevatie is voor deze wapentypen dus 0°.

Kogelgeluid van de zwaardere wapentypen waarvan het projectiel een kromme baan beschrijft (het zogenaamde krombaangeschut; Houwitser en mortier) moet op een andere wijze worden berekend. Voor de berekening van het kogelgeluid moet dan rekening worden gehouden met de sterk variërende hoogte van de kogel.

Voor banen waarbij gebruik wordt gemaakt van een vervangende puntbron, zie hieronder, wordt de bijdrage van zowel mondingsgeluid als kogelgeluid verdisconteerd. Kogelgeluid wordt dan niet apart berekend.

Bij hagelgeweren wordt eventueel kogelgeluid verdisconteerd in de bronsterkte van het mondingsgeluid.

Detonatiegeluid

Ook het detonatiegeluid wordt in de rekenmethode als een puntbron gekarakteriseerd. De hoogte van deze puntbron is afhankelijk van de hoogte van detonatie. Bij een brisantgranaat is het moment (en dus de hoogte) van detonatie afhankelijk van het type ontstekingsbuis dat op een granaat is

aangebracht. Dit kan variëren van 10 m hoogte tot in de grond. Als de detonatie in of op de grond plaatsvindt, wordt voor de berekening een hoogte van 0,5 m+ maaiveld aangehouden.

Schietbanen (zoals bijvoorbeeld schermenschietbanen)

In die gevallen waarbij het wapen op korte afstand deels of geheel omsloten is door afschermende of reflecterende objecten, kan in principe niet van brongegevens worden uitgegaan, die voor het vrije veld zijn bepaald. Het geluidveld rond de bron is dermate complex dat het gebruik van rekenmodellen, die vanaf de bron rekenen, beperkt mogelijk is. Voor deze gevallen wordt de situatie van de bron met de omringende afschermende of reflecterende objecten gemodelleerd door één of meer vervangende puntbronnen. De bronsterkte van deze vervangende puntbron(nen) zal met metingen moeten worden vastgesteld. In de Toelichting op toepassing van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid wordt een beschrijving van de meetmethode gegeven. Als geen meetgegevens voorhanden zijn of te verkrijgen zijn, wordt in dit rapport ook een conservatieve inschatting gegeven voor een vervangende puntbron op basis van de vrije-veld bronsterkte. In sommige gevallen kan het gewenst zijn dat de bronsterkte van deze schietbanen met berekeningen wordt vastgesteld, bijvoorbeeld voor nog niet bestaande schietbanen. Per situatie moet een rekenmodel op zijn geschiktheid worden beoordeeld, een algemeen toepasbaar model is vooralsnog niet te geven.

Voor de modellering van een schietbaan (zoals bijvoorbeeld een kleiduivenschietbaan) verdient het aanbeveling van een standaard gebruikssituatie uit te gaan. In het eerder genoemde rapport (TNO 2014 R10135) wordt voor een aantal type banen aangegeven hoe deze moeten worden gemodelleerd om de geluidbelasting te berekenen.

4.5.2. Bodemtype (hardheid/ruwheid)

In het model worden vier verschillende bodemtypen onderscheiden (zie tabel 4.3). Elk type correspondeert met een andere combinatie van bodemhardheid en bodemruwheid (zie voor definities van deze begrippen paragraaf 2.5)

Tabel 4.3 De vier bodemtypen in het rekenmodel voor schietgeluid, met vier verschillende combinaties van de stromingsweerstand σ en de ruwheidslengte z_0 .

Bodemtype	Voorbeelden	σ (Nsm-4)	z_0 (m)
1. glad en reflecterend	water, beton	∞	~~0,0002~~ <u>0,0002</u>
2. ruw en absorberend	grasland	~~3,105~~ <u>3,105</u>	~~0,030~~ <u>0,03</u>
3. ruw en zeer absorberend	zandbodem	~~1,105~~ <u>1,105</u>	~~0,030~~ <u>0,03</u>
4. zeer ruw en zeer absorberend	heide, bouwland	~~1,105~~ <u>1,105</u>	~~0,250~~ <u>0,25</u>

Om het bodemtype van een terrein te bepalen moeten eerst de eigenschappen van terrein worden ingeschat. De volgende uitgangspunten moeten hierbij in acht worden genomen:

1. De keuze tussen ruw en zeer ruw.

Het verschil tussen ruw en zeer ruw zit in de begroeiing van de oppervlakte.

Een ruw terrein bevat lage begroeiing (zoals gras), een zeer ruw terrein bevat hogere begroeiing (zoals heide of lage gewassen). Verspreide obstakels (bomen, huizen) worden hierbij buiten beschouwing gelaten.

2. De keuze tussen absorberend en zeer absorberend.

Een bodem wordt absorberend genoemd als de stromingsweerstand groter is dan $2 \cdot 10^5 \text{ Nsm}^{-4}$, en zeer absorberend als de stromingsweerstand kleiner is dan $2 \cdot 10^5 \text{ Nsm}^{-4}$. Dit betekent in de praktijk dat grasland absorberend is en dat ruwere bodems zoals heide zeer absorberend zijn.

3. Voor bossen en steden moet bodemtype 4 worden gekozen.

Als in het overdrachtspad van bron naar rekenpunt verschillende bodemtypen voorkomen, moeten ze ook zo worden onderscheiden. In paragraaf 4.6.4 wordt hier nader op ingegaan.

4.5.3. Afschermende objecten

Een object moet aan de volgende eisen voldoen om als afschermend object in rekening te worden gebracht:

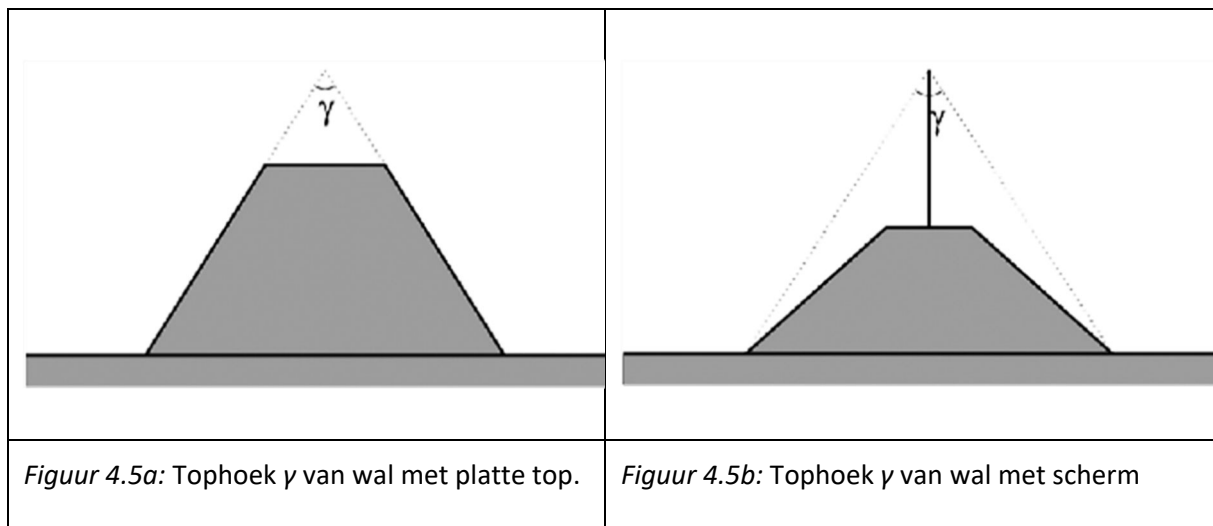
- De massa per eenheid van oppervlakte bedraagt ten minste 10 kg/m^2 .
- Het object mag geen grote kieren of openingen bevatten. Procesinstallaties, bomen e.d. worden dus niet als een afschermend object in rekening gebracht.
- Het object wordt vanuit de bron of vanuit het rekenpunt gezien onder een hoek van ten minste 5° in het horizontale vlak.

Grote objecten, zoals heuvels en eventueel duinen waarbij het terrein een hellingspercentage kent van minder dan 20%, worden niet als afschermende objecten ingevoerd. Deze kunnen in rekening gebracht worden door een variatie in de maaiveldhoogte van de bodemvlakken.

Drie verschillende afschermende objecten worden onderscheiden:

- scherm;
- wal;
- gebouw.

Een scherm en een wal worden geschematiseerd door een verticaal vlak of keten van verticale vlakken, die onder een hoek met elkaar staan, waarbij er vanuit wordt gegaan dat de bovenrand horizontaal loopt. Bij een wal wordt de positie van het vlak op het snijpunt gekozen van het voor- en achtervlak van de wal. Voor de berekening moet de hoogte bekend zijn, voor een wal moet bovendien de tophoek worden opgegeven. De definitie van de tophoek is in onderstaande figuren gegeven. Als een scherm op een wal zo laag is dat de gestippelde lijnen in figuur 4.5b het talud snijden, wordt de grootte van de tophoek bepaald zoals dit in figuur 4.5a is weergegeven.



Bij een wal is de absorptiecoëfficiënt van het materiaal waaruit het is opgebouwd van belang voor de berekening van de tophoekcorrectie (formule 4.50). Enkele typerende waarden van de absorptiecoëfficiënt zijn voor verschillende materialen in tabel 4.4 aangegeven.

Gebouwen worden geschematiseerd als een keten van verticale vlakken van dezelfde hoogte, waarbij het eerste vlak weer aan het laatste vlak aansluit. Er wordt verondersteld dat de hoogte van al deze vlakken gelijk is.

4.5.4. Reflecterende objecten

Er worden twee typen reflecties onderscheiden: Spiegelreflecties en diffuse reflecties. Voor een spiegelreflectie geldt dat de hoek van inval van het geluid gelijk is aan de hoek die het gereflecteerde geluid maakt met het spiegelende object, vergelijkbaar met een optische spiegeling. Bij diffuse reflecties wordt het invallende geluid diffuus verstrooid.

Spiegelende objecten

Twee verschillende spiegelende objecten worden onderscheiden:

- scherm;
- gebouw.

Een object moet aan de volgende eisen voldoen om als spiegelend reflecterend object in rekening te worden gebracht:

- Het object heeft een min of meer vlakke en geluidreflecterende wand;
- De reflecterende wand moet een dichtheid hebben groter dan 10 kg/m^2 ;
- De hoek tussen de geluidreflecterende wand en de verticaal moet kleiner zijn dan 10° .

De spiegelende objecten worden op dezelfde manier geschematiseerd als de overeenkomstige afschermende objecten. Van een reflecterend vlak moet daarnaast ook de reflectiviteit ($0 \leq \rho \leq 1$) worden gegeven. De reflectiviteit ρ is de reflectiecoëfficiënt voor de geluidenergie en wordt bepaald door de absorptiecoëfficiënt α_{obs} van het materiaal waaruit het reflecterende vlak bestaat:

$\rho = 1 - \alpha_{abs}$. In het algemeen is ρ een functie van de frequentie. Enkele typerende waarden van de absorptiecoëfficiënt zijn voor verschillende materialen in tabel 4.4 aangegeven.

Tabel 4.4 Typische waarden voor absorptiecoëfficiënten voor verschillende materialen.

Materiaal	Geluidabsorptiecoëfficiënt, in oktaafbanden								
	16	31.5	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Bakstenen muur	<u>0,00-0</u>	<u>0,00-0</u>	<u>0,00-0</u>	<u>0,00-0</u>	<u>0,00-0</u>	<u>0,00-0</u>	<u>0,00-0</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,10-1</u>
Dichte betonblokken (pleister, verf)	<u>0,00-0</u>	<u>0,00-0</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,10-1</u>
Poreuze betonblokken	<u>0,00-0</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,20-2</u>	<u>0,40-4</u>	<u>0,40-4</u>	<u>0,30-3</u>	<u>0,30-3</u>	<u>0,40-4</u>	<u>0,30-3</u>
Glazen wand	<u>0,10-1</u>	<u>0,20-2</u>	<u>0,30-3</u>	<u>0,40-4</u>	<u>0,30-3</u>	<u>0,20-2</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,00-0</u>
Houten wand	<u>0,00-0</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,20-2</u>	<u>0,30-3</u>	<u>0,20-2</u>	<u>0,20-2</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,10-1</u>
Aarde en zand, glad	<u>0,00-0</u>	<u>0,00-0</u>	<u>0,00-0</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,20-2</u>	<u>0,40-4</u>	<u>0,50-5</u>
Aarde, ruw	<u>0,00-0</u>	<u>0,00-0</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,20-2</u>	<u>0,30-3</u>	<u>0,40-4</u>	<u>0,60-6</u>	<u>0,60-6</u>	<u>0,60-6</u>
Grind, los en vochtig, (laag van 10cm)	<u>0,00-0</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,20-2</u>	<u>0,30-3</u>	<u>0,60-6</u>	<u>0,70-7</u>	<u>0,70-7</u>	<u>0,80-8</u>	<u>0,80-8</u>
Gras	<u>0,00-0</u>	<u>0,00-0</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,10-1</u>	<u>0,20-2</u>	<u>0,30-3</u>	<u>0,40-4</u>	<u>0,60-6</u>	<u>0,70-7</u>

Diffuus reflecterende objecten

Diffuse reflecties treden op aan een bosrand; als er minder dan drie bomenrijen aanwezig zijn, wordt de diffuse reflectie niet meegerekend. Een diffuse reflectie treedt op als er 'zicht' is op de bosrand vanuit zowel de positie van de bron als de positie van het rekenpunt: optische spiegeling is hierbij irrelevant. Een bosrand wordt gemodelleerd door een verticaal vlak of keten van verticale vlakken, die onder een hoek met elkaar staan, waarbij er vanuit wordt gegaan dat de bovenrand horizontaal loopt. Op de plaats van de vlakken wordt één rij van equidistante cilinders gedacht. De afstand tussen de cilinders d_{eff} bedraagt de helft van de gemiddelde afstand tussen naburige bomen van de eerste drie bomenrijen van de bosrand. Deze gemiddelde afstand wordt benaderd door $1/\sqrt{n_2}$, waarbij n_2 het gemiddelde aantal bomen per oppervlakte-eenheid is. De straal van de cilinders r_{cil} is gelijk aan de gemiddelde straal van de bomen in de bosrand. Indicatieve waarden voor een gemiddeld bos zijn $d_{eff} = 1,4$ m en $r_{cil} = 0,1$ m. De hoogte van de bosrand wordt bepaald door de gemiddelde hoogte van de bomen in de bosrand.

4.5.5. Keuze van rekenpunten

Voor planningsdoeleinden zijn vaak contouren gewenst. Een geluidcontour is een lijn die punten met een gelijke geluidbelasting verbindt. Een geluidcontour kan worden verkregen door lineaire

interpolatie tussen rekenpunten op een rekenrooster. Een rekenrooster is een verzameling van punten, die op regelmatige afstand (d^*) van elkaar liggen. Aan de interpolatie zijn een aantal voorwaarden verbonden:

- het verschil in geluidniveau tussen de punten bedraagt minder dan 3 dB;
- de afstand tussen het geïnterpoleerde punt en het dichtstbijzijnde bronpunt is groter dan de afstand tussen de punten waartussen wordt geïnterpoleerd.

In de meeste gevallen zal bij een afstand van $d^* = 250$ m aan bovenstaande criteria worden voldaan. Als niet aan bovenstaande voorwaarden wordt voldaan, zal het rooster lokaal verdicht moeten worden. Een verdere verdichting dan tot $d^* = 50$ m is niet noodzakelijk.

Hoogte rekenpunt

Als er sprake is van zonering rondom schietbanen of -terreinen, heeft een hoogte van 5 m de voorkeur. Voor beoordelingspunten bij vergunningsituaties wordt over het algemeen voor de dagperiode een hoogte van 1,5 m en voor de avond- en nachtperiode een hoogte van 5 m aangehouden. Uitgangspunt is dat de berekeningshoogte bepaald wordt door de hoogte waarop mogelijke hinder te verwachten is.

4.6. Berekening van het geluidexpositieniveau

4.6.1. Bronniveau

Mondingsgeluid en detonatiegeluid

Voor geluid anders dan kogelgeluid wordt het bronniveau over het algemeen betrokken uit het gegevensbestand. Zie hiervoor paragraaf 4.4.1 en paragraaf 4.5.1. De emissie van het mondingsgeluid is over het algemeen richtingsafhankelijk. Van belang hierbij is de hoek ϕ tussen de vuurlijn en de lijn van bron naar rekenpunt. Deze hoek is afhankelijk van de elevatie α_e van het wapen volgens de formule:

$$\phi = \arccos(\cos\alpha_e \cos\phi_p)$$

waarbij wordt verstaan onder:

ϕ_p hoek tussen de lijn van bron naar rekenpunt en de vuurlijn (in bovenaanzicht vanuit de bron met de klok mee gemeten) geprojecteerd op een horizontaal vlak.

Bij de berekening van de emissiehoek ϕ wordt geen rekening gehouden met hoogteverschillen tussen bronpunt en rekenpunt (benadering voor het verre veld).

Brongebieden

Brongebieden zijn gebieden waarbinnen een mogelijke schietpositie uniform over het gebied is verdeeld. Om de geluidbelasting van een brongebied te berekenen, moet dit in zodanig kleine deelgebieden worden opgedeeld dat voor een deelgebied van een puntbron kan worden uitgegaan.

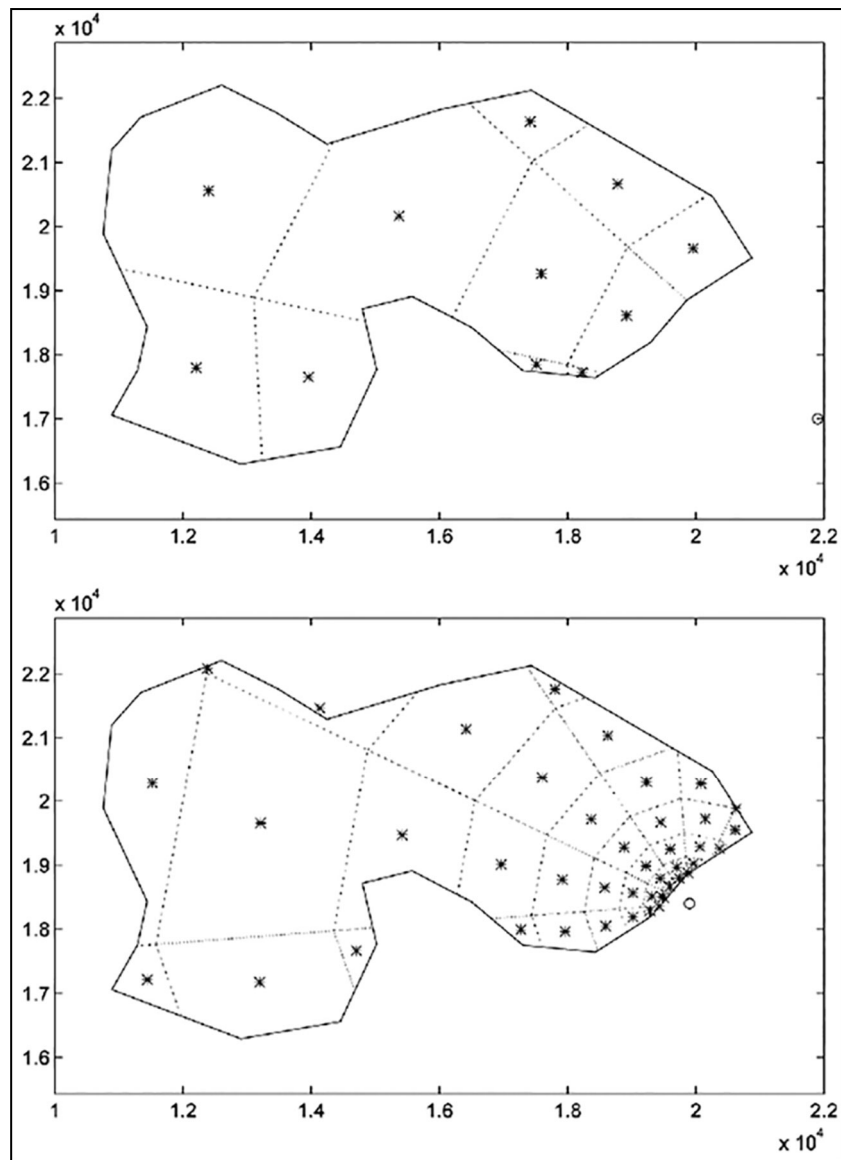
In een eerste stap wordt, afhankelijk van de kleinste en grootste afstand van het rekenpunt tot de grenzen van het brongebied (respectievelijk d_{min} en d_{max}), de breedte bepaald van schillen die in concentrische cirkels rond het rekenpunt liggen. Voor de breedte L_n van deze schillen geldt:

$$L_n = \frac{d_{min}}{2} \left(\frac{3}{2} \right)^{n-1} \quad (4.-16)$$

voor $n = 1$ t/m N

waarin N , uitgedrukt als een naar boven afgerond geheel getal, wordt bepaald volgens de formule:

$$N = \frac{\lg\left(\frac{d_{max}}{\cos(15^\circ) \cdot d_{min}}\right)}{\lg(3/2)} \quad (4.-17)$$



Figuur 4.6: Voorbeeld van een beschrijving van een deelgebied door deelbronnen voor twee verschillende rekenpunten (o).

Vervolgens worden deze schillen onderverdeeld in sectoren met een hoek van 30° . De snijpunten van de concentrische cirkels met de sector begrenzingen geven de hoekpunten van trapezia. De overlap van deze trapezia met het brongebied geven uiteindelijk de grenzen van de verschillende deelgebieden. De vervangende deelbronnen liggen op het geometrische zwaartepunt van deze deelgebieden.

In figuur 4.6 is een voorbeeld gegeven van de verdeling van de bronpunten voor twee verschillende rekenpunten.

De bijdragen van de verschillende deelbronnen tot de geluidbelasting in de verschillende juridische beoordelingsperioden ($B_{s,dag}(b_i)$, $B_{s,avond}(b_i)$ en $B_{s,nacht}(b_i)$) moeten tenslotte worden gecorrigeerd voor het verschil in oppervlak tussen de verschillende deelopervlakken O_i en het totale oppervlak van het brongebied O_{tot} . Hiertoe wordt in formule 3.4 in het rechterlid een correctieterm toegevoegd volgens de formule:

$$B_{s,dag}(b) = 10\lg \left(\frac{w_{d,dag} 10^{L_{Es,dag,d}(b)/10} + 2 \times N_{zondag,dag} + w_{n,dag} 10^{L_{Es,dag,n}(b)/10}}{365} \right) + 10\lg \left\{ \frac{O_i}{O_{tot}} \right\} - 10\lg(12 \times 3600)$$

$$B_{s,avond}(b) = 10\lg \left(\frac{w_{d,avond} 10^{L_{Es,avond,d}(b)/10} + w_{n,avond} 10^{L_{Es,avond,n}(b)/10}}{365} \right) + 10\lg(N_{avond}(b)/365) - 10\lg(4 \times 3600) + 5 + 10\lg \left\{ \frac{O_i}{O_{tot}} \right\} \quad (4.18)$$

$$B_{s,nacht}(b) = \overline{L_{Es,nacht,n}(b)} + 10\lg(N_{nacht}(b)/365) - 10\lg(8 \times 3600) + 10 + 10\lg \left\{ \frac{O_i}{O_{tot}} \right\}$$

Voor de berekening van de geluidbelasting door kogelgeluid wordt ervan uitgegaan dat het kogelgeluid van één punt afkomt dat op de kogelbaan ligt, het zogenaamde bronpunt. Uitgaande van een xy -coördinatenstelsel in het horizontale vlak, met de vuurmond in de oorsprong, de x -as langs de vuurlijn en de y -as loodrecht hierop, wordt de positie van het bronpunt aangegeven als $(x_s, 0)$ en de positie van het rekenpunt als (x_r, y_r) . De onbekende x_s wordt bepaald door het oplossen van onderstaande vierde orde polynoom:

$$(x_r - x_s)^2 (v_0 + v_1 x_s + c_{10})(v_0 + v_1 x_s - c_{10}) = c_{10}^2 y_r^2 \quad (4.19)$$

met $0 \leq x_s < x_r$ en $x_s < |(c_{10} - v_0)/v_1|$

waarbij wordt verstaan onder:

(x_r, y_r) positie van rekenpunt;

$(x_s, 0)$ positie van het bronpunt.

Voor de oplossing van deze polynoom wordt verwezen naar mathematische handboeken. Als het bronpunt achter het doel ligt, wordt voor het bronpunt de doelpositie genomen. Als het bronpunt op een punt ligt waar de kogelsnelheid kleiner is dan $1,02c_0$ dan wordt voor het bronpunt het punt genomen waar de kogelsnelheid gelijk is aan $1,02c_0$ (ervan uitgaande dat v_0 groter is dan $1,02c_0$).

Het breedbandige bronniveau wordt bepaald door de afmetingen van de kogel en zijn lokale snelheid op het bronpunt:

$$L_{Eb} = 161,9 + 10\lg \left(\frac{d_{kogel}^3}{l_{kogel}^{3/4}} \right) + 10\lg \left(\frac{M^{9/4}}{(M^2 - 1)^{3/4}} \right) \quad \text{voor } M > 1,02 \quad (4.20)$$

met M het Mach-getal van de kogel op het bronpunt en waarbij d_{kogel} en l_{kogel} worden uitgedrukt in m.

Voor de berekening van het octaafbandspectrum van het bronniveau wordt rekening gehouden met de verschuiving van het spectrum van kogelgeluid op het traject van het bronpunt naar het rekenpunt (door niet-lineaire effecten). Hiervoor wordt een karakteristieke frequentie f_{kogel} van kogelgeluid geïntroduceerd, die afhankelijk is van de afstand R van het bronpunt op de kogelbaan naar het rekenpunt:

$$f_{kogel} = 175.2 \frac{(M^2 - 1)^{1/4}}{M^{3/4}} \frac{l_{kog}^{1/4}}{d_{kog}} \frac{1}{R^{1/4}} \quad (4.-21)$$

Omdat het tertsbandspectrum wordt gebruikt bij de berekening van de luchtdemping (zie paragraaf 4.6.3) wordt het bronniveau in tertsen bepaald. Hierbij wordt uitgegaan van de drie tertsbanden binnen de octaven met middenfrequenties f_k van 16 Hz tot en met 4 kHz. Het bronspectrum in tertsen wordt bepaald volgens de formule:

$$L_{Eb,j}(f_k) = L_{Eb} + C_{k,j} - 10 \lg \sum_{k=1}^9 \sum_{j=1}^3 10^{C_{k,j}/10} \quad \begin{array}{l} \text{Voor } k = 1..9 \\ \text{en } j = 1..3 \end{array} \quad (4.22)$$

waarin:

$$C_{k,j} = 2.5 + 28 \lg \left(\frac{f_{k,j}}{f_{kogel}} \right) \quad \text{voor } f_{k,j} < 0.65 f_{kogel}$$

$$C_{k,j} = -5.0 - 12 \lg \left(\frac{f_{k,j}}{f_{kogel}} \right) \quad \text{voor } f_{k,j} \geq 0.65 f_{kogel}$$

met:

$f_{k,j}$ nominale middenfrequentie van j^e tertsband van k^e octaafband

Voor de berekeningen van de overige dempingstermen wordt van een bronspectrum in octaven uitgegaan:

$$L_{Eb}(f_k) = 10 \lg \left(\sum_{j=1}^3 10^{L_{Eb,j}(f_k)/10} \right) \quad (4.-23)$$

Kogelgeluid bij krombaan schieten

In het algemeen is het kogelgeluid bij krombaan schieten niet van belang. Door de hoge elevatiehoek waaronder geschoten wordt en de verhoudingsgewijs lage uittreesnelheid van het projectiel in vergelijking tot lichte vuurwapens, treedt kogelgeluid alleen in een klein gebied voor het wapen op. Dit gebied ligt dus in het mal onveilige gebied (mog) van het wapen en is daarom voor de berekening van de geluidbelasting in woongebieden niet van belang.

Echter, in speciale gevallen waarbij de elevatiehoek lager ligt en de uittreesnelheid verhoudingsgewijs groot is, is het kogelgeluid wel van belang. In deze gevallen moet voor de berekening van de geluidbelasting door kogelgeluid een daarvoor geschikte methode worden gebruikt.

4.6.2. Geometrische demping

Puntbronnen

Bij de modellering van puntbronnen is uitgegaan van sferische geluiduitbreiding over een hele bol. De geometrische demping wordt bepaald volgens de formule:

$$D_{geo} = 10 \lg 4\pi \left(\frac{R}{r_0} \right)^2 \quad \text{waarbij } r_0 = 1 \text{ m} \quad (4.24)$$

Kogelgeluid

Voor de berekening van de geometrische demping van kogelgeluid worden drie gebieden onderscheiden (zie figuur 2.2): gebied I achter het wapen, gebied II dat ook als Mach-gebied wordt aangeduid, en gebied III achter het doel. De grenzen tussen de gebieden worden bepaald door de hoeken ξ_b en ξ_e , die afhankelijk zijn van de beginsnelheid v_0 respectievelijk de eindsnelheid v_e van de kogel (v_e is dus de kogelsnelheid bij het treffen van het doel):

$$\xi_b = \arccos\left(\frac{c_{10}}{v_0}\right) \text{ en } \xi_e = \arccos\left(\frac{c_{10}}{v_e}\right) \quad \text{voor } v_0, v_e \geq c_{10} \quad (4.25)$$

Als de snelheid van de kogel voor het treffen van het doel onder de geluidssnelheid is gezakt geldt $\xi_e = 0$, in dit geval bestaat er dan geen gebied III.

In het gebied achter het wapen (gebied I) is het kogelgeluid verwaarloosbaar.

Voor rekenpunten in gebied II varieert de geometrische demping tussen $10 \lg R$ en $25 \lg R$ afhankelijk van de afstand R van het bronpunt op de kogelbaan tot het rekenpunt. De geometrische demping is $10 \lg R$ op korte afstand van de kogelbaan bij een constante kogelsnelheid. Als gevolg van een afname van de snelheid van de kogel langs de kogelbaan en door invloed van turbulentie neemt de geometrische demping toe. De invloed van turbulentie is pas op een afstand R_{trans} van de kogelbaan significant. Op grote afstand, groter dan 10 km, bedraagt de geometrische demping $20 \lg R$.

De transitieafstand R_{trans} wordt bepaald met de formule:

$$R_{trans} = \max \left[1, \min \left(\frac{(M^2 - 1)(x_t / 2)^2}{M^2 c_{10} / f_{kogel}}, \frac{1}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{\frac{3}{2} L x_t^2 (M^2 - 1)}{M^2 \mu_0^2} \right)^{1/3} \right) \right] \quad (4.26)$$

met

x_t lengte van de kogelbaan waar het projectiel een supersonische snelheid heeft

L correlatielengte ($L = 1,1 \text{ m}$) (~~$L = 1.1 \text{ m}$~~)

$$\mu_0^2 = 10^{-5}$$

De geometrische demping in gebied II wordt voor $R \leq R_{trans}$ bepaald volgens de formule:

$$D_{geo,II} = 10 \lg \left(\frac{R^2 k + R(M^2 - 1)}{r_0^2 k + r_0(M^2 - 1)} \right) \quad (4.27a)$$

voor $R_{trans} < R \leq R_{max}$ geldt:

$$D_{geo,II} = 10 \lg \left(\frac{R_{trans}^2 k + R_{trans}(M^2 - 1)}{r_0^2 k + r_0(M^2 - 1)} \right) + 25 \lg \left(\frac{R}{R_{trans}} \right) \quad (4.27b)$$

voor $R > R_{max}$ geldt:

$$D_{geo,II} = 10 \lg \left(\frac{R_{trans}^2 k + R_{trans}(M^2 - 1)}{r_0^2 k + r_0(M^2 - 1)} \right) + 25 \lg \left(\frac{R_{max}}{R_{trans}} \right) + 20 \lg \frac{R}{R_{max}} \quad (4.27c)$$

met

$$k = -v_1/c_{10}$$

$$r_0 = 1 \text{ m}$$

$$R_{max} = 10 \text{ km}$$

Vóór het wapen maar buiten het Mach-gebied (gebied III) wordt de geometrische demping door twee termen bepaald:

- de geometrische demping berekend volgens formule 4.27 voor het traject R_1 van R_1 van de doelpositie naar een punt op de grens van het Mach-gebied dat het dichtst bij het rekenpunt ligt (punt P in figuur 4.7);
- een extra demping die afhankelijk is van de afstand (R_2) van dit punt P tot aan het rekenpunt:

$$D_{geo,III} = D_{geo,II}(R_1) + 20 \lg \left(\frac{\max(R_2, R_0)}{R_0} \right) \quad (4.28)$$

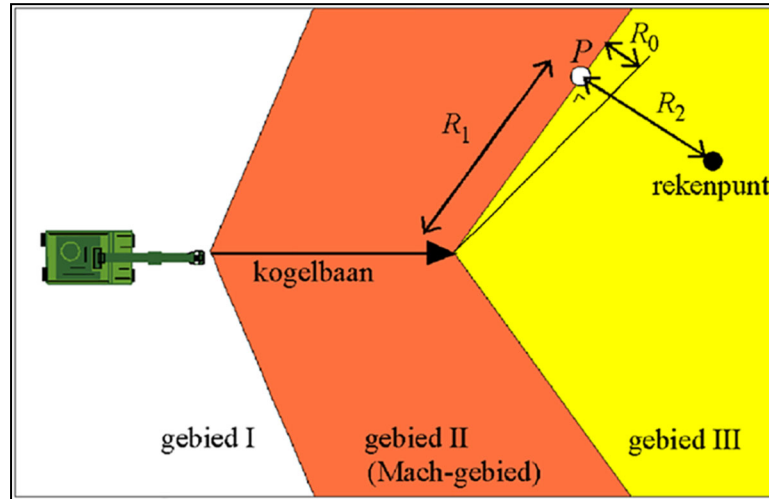
$$R_0 = 2 + \frac{R_1}{100}$$

waarbij wordt verstaan onder:

R_1 de afstand van de doelpositie naar een punt op de grens van het Mach-gebied dat het dichtst bij het rekenpunt ligt;

R_2 de afstand van het rekenpunt tot de grens van het Mach-gebied.

De afstanden R_1 en R_2 worden alleen voor de berekening van de geometrische demping in gebied III gebruikt, voor het berekenen van de overige dempingstermen wordt van het geluidpad uitgegaan van het bronpunt op de kogelbaan (in dit geval dus de doelpositie) naar het rekenpunt.



Figuur 4.7: Definitie van R_1 , R_2 en R_0 uit formule 4.28.

4.6.3. Luchtdemping

Bij de berekening van de luchtdemping wordt rekening gehouden met de vorm van het spectrum. Per octaafband (index k) wordt geschat hoe de geluidenergie over de drie tertsbanden (index j) binnen dit octaaf verdeeld is. Deze geluidenergie $L_{Eb,j}(f_k)$ wordt bepaald op basis van een lineaire interpolatie van de niveaus van de naburige octaafbanden (bij kogelgeluid is dit niet nodig daar kogelgeluid per tertsband wordt berekend; zie ook paragraaf 4.6.1):

$$L_{Eb,j}(f_k) = \frac{5}{3}L_{Eb}(f_{k+j-2}) - 10 \lg \left(\sum_{l=1}^3 10^{\left(\frac{2}{3}L_{Eb}(f_k) + \frac{1}{3}L_{Eb}(f_{k+l-2}) \right) / 10} \right) \quad (4.29)$$

met:

$$L_{Eb}(f_0) = 2L_{Eb}(f_1) - L_{Eb}(f_2)$$

$$L_{Eb}(f_{10}) = 2L_{Eb}(f_9) - L_{Eb}(f_8)$$

waarbij wordt verstaan onder:

$L_{Eb,j}(f_k)$ het bronniveau van de j^e tertsbands ($j = 1 \text{ t/m } 3$) van de octaafband met centrumfrequentie f_k ($k = 1 \text{ t/m } 9$).

De luchtdemping in de k^e octaafband $D_{lucht}(f_k)$ wordt vervolgens bepaald uit het gewogen energetische gemiddelde van de luchtdemping van de tertsbands binnen deze octaafband.

$$D_{lucht}(f_k) = -10 \lg \left(\sum_{j=1}^3 10^{\left(L_{Eb,j}(f_k) - L_{Eb}(f_k) \right) / 10} \cdot 10^{-\alpha_{lu,j}(f_k) R / 10} \right) \quad (4.30)$$

De waarden voor de luchtdemping $\alpha_{lu,j}(f_k)$ in tertsbands $j = 1, 2$ en 3 van de k^e octaafband zijn ontleend aan ISO-norm 9613-1 voor 10°C en 80% relatieve vochtigheid. Deze waarden zijn (in dB per km) opgenomen in tabel 4.5.

Tabel 4.5 Waarden voor de luchtdemping per tertsbands in dB/km

Nummer van tertsbands binnen octaaf	Octaafbandmiddenfrequentie in Hz								
	16	31.5	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000
$j=1$	<u>0,004520</u> 52	<u>0,01790</u> 9	<u>0,06690</u> 9	<u>0,2540</u> 4	<u>0,7640</u> 4	<u>1,631</u> 3	<u>2,862</u> 6	<u>6,236</u> 3	<u>19,019</u> 0
$j=2$	<u>0,007150</u> 15	<u>0,02820</u> 2	<u>0,1080</u> 8	<u>0,3780</u> 8	<u>1,021</u> 02	<u>1,971</u> 7	<u>3,573</u> 7	<u>8,768</u> 6	<u>28,728</u> 7
$j=3$	<u>0,01130</u> 4	<u>0,04440</u> 4	<u>0,1670</u> 7	<u>0,5470</u> 7	<u>1,311</u> 31	<u>2,362</u> 6	<u>4,624</u> 2	<u>12,742</u> 7	<u>43,943</u> 9

4.6.4. Bodemdemping

In paragraaf 4.4.2 is omschreven hoe de bodemdemping met behulp van het gegevensbestand moet worden bepaald. In deze paragraaf wordt beschreven hoe de bodemdemping moet worden bepaald als er verschillende bodemvlakken door het geluidpad worden doorsneden, welke invloed de turbulentie heeft op de bodemdemping en hoe de bodemdemping moet worden bepaald als er in het geluidpad afschermende obstakels zijn.

De bodemdemping is afhankelijk van:

- de horizontale afstand R tussen de bron (of spiegelbron) en rekenpunt;
- de akoestische bodemhardheid (aangegeven met index v). In de methode worden drie bodemhardheden onderscheiden (zie paragraaf 4.5.2): $v=z$ voor een zeer absorberende bodem, $v=a$ voor een absorberende bodem en $v=h$ voor een harde bodem;
- de frequentie;
- de hoogtes van bron- en rekenpunt;

- de meteorologische klasse.

In deze paragraaf geven we alleen de eerste twee parameters expliciet aan als argumenten van D_{bodem} :

$$D_{bodem}(R, v) = - \sum_{k=0}^{20} c_k(v)(-2 + \lg R)^k \quad (4.31)$$

met $c_k(v)$ de coëfficiënten van het polynoom.

Meer dan een bodemvlak

Als onder het geluidpad bodemtypen liggen met verschillende bodemhardheid worden voor mee- en tegenwindsituaties verschillende procedures toegepast.

- **Meewindsituaties** (profielnrs. 4 t/m 7, 12 t/m 18 en 22 t/m 27)

Om de bodemdemping voor meer dan een bodemvlak te bepalen, worden voor de meewindsituaties eerst de horizontale afstanden (s_v) bepaald, waarover het geluidpad door de verschillende bodemgebieden loopt. Voor elke bodemhardheid worden deze afstanden opgeteld.

$$s_v = \sum_{j=1}^{N_v} (r_{\max,j,v} - r_{\min,j,v}) \quad (4.32)$$

waarbij wordt verstaan onder:

N_v aantal gebieden dat door het geluidpad wordt doorkruist met respectievelijk een zeer absorberende ($v=z$), een absorberende ($v=a$) en een harde bodem ($v=h$);

$r_{\min,j,v}$ $r_{\max,j,v}$ minimale en maximale horizontale afstand van bron tot de grens van deelgebied j gemeten langs het geluidpad voor een bodemgebied met hardheid v (zie hierboven).

De bodemdemping voor een meewindsituatie wordt vervolgens bepaald door de formule:

$$\begin{aligned} D_{bodem,mw} = & D_{bodem}(s_z, z) + \\ & D_{bodem}(s_z + s_a, a) - D_{bodem}(s_z, a) + \\ & D_{bodem}(s_z + s_a + s_h, h) - D_{bodem}(s_z + s_a, h) \end{aligned} \quad (4.33)$$

- **Tegenwindsituaties** (profielnrs. 1 t/m 3, 8 t/m 10 en 19 t/m 21)

Voor de bodemdemping bij tegenwindsituaties zijn alleen de bodemgebieden binnen een afstand d_s van de bron en binnen een afstand d_r van het rekenpunt van belang. Deze afstanden zijn afhankelijk van het profiel, van de frequentie en van de hoogte boven het plaatselijk maaiveld van respectievelijk bron- en rekenpunt.

$$d_s = \frac{q \left(h_s^\alpha + \left(\frac{2c_{10}}{f_k} \right)^\alpha \right)}{\sqrt{|b_n|}} \quad d_r = \frac{q \left(h_r^\alpha + \left(\frac{2c_{10}}{f_k} \right)^\alpha \right)}{\sqrt{|b_n|}} \quad (4.-34)$$

met:

~~$q = 21, 10, 16,5$ en $\alpha = 0,9, 0,85, 0,78$~~ $q = 21, 10, 16,5$ en $\alpha = 0,9, 0,85, 0,78$ voor respectievelijk de groepen 1, 2 en 3 van de geluidsnelheidsprofielen (zie formule 4.9). Ook parameter b_n wordt bepaald door het profiel (zie tabel 4.1 in § 4.4.2).

De gebieden mogen elkaar niet overlappen. Als $d_s + d_r > R$, waarin R de horizontale afstand tussen bron en rekenpunt is, moeten de afstanden in verhouding worden teruggeschaald tot d'_s en d'_r .

$$\begin{aligned} d'_s &= \frac{R}{d_s + d_r} d_s \\ d'_r &= \frac{R}{d_s + d_r} d_r \end{aligned} \quad \text{voor } d_s + d_r > R \quad (4.-35)$$

Binnen een afstand d_s en d_r van respectievelijk bron en rekenpunt worden achtereenvolgens de afstanden bepaald waarover het geluidpad door *zeer absorberende*, *absorberende* en *reflecterende* gebieden loopt. In verhouding tot de afstand $d_s + d_r$ geeft dit de fracties f_z , f_a en f_h *zeer absorberende*, *absorberende* en *reflecterende* bodem. De bodemdemping voor een tegenwindsituatie wordt vervolgens berekend volgens de formule:

$$D_{bodemw}(r) = f_z D_{bodem}(r, z) + f_a D_{bodem}(r, a) + f_h D_{bodem}(r, h) \quad (4.-36)$$

- **Neutraal profiel** (profielnr. 11)

Voor de bepaling van de bodemdemping van de neutrale situatie (profielnr. 11) worden eerst de fracties f_z , f_a en f_h bepaald over de totale afstand r_{tot} tussen bron en rekenpunt. De bodemdemping volgt dan door toepassing van formule 4.36.

Turbulentie

De totale bodemdemping is naar boven toe begrensd als gevolg van turbulentie. Deze begrenzing is afhankelijk van de meteorologische klasse, de hardheid van de bodem en de frequentie. Bij het berekenen van de overdrachtsfuncties zoals deze in het gegevensbestand zijn opgenomen is dit effect niet verdisconteerd. Deze invloed wordt in rekening gebracht door een bovengrens $D_{bodem,max}$ te stellen aan de bodemdemping zoals die met formule 4.37 bepaald is. In situaties met afschermende objecten moet de bovengrens worden toegepast op de som $D_{bodem} + D_{scherm}$.

In tabel 4.6 zijn de grenswaarden van de bodemdemping gegeven voor de verschillende bodemhardheden, de 27 meteorologische klassen en de 9 octaafbanden.

Tabel 4.6 Bovengrens van de bodemdemping $D_{bodem, max}(v)$ voor akoestisch ‘zeer absorberende’ ($v=z$) ‘absorberende’ ($v=a$) en ‘reflecterende’ ($v=h$) bodems. (in dB)

m	v	16	31.5	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000
	<i>z</i>	25	26	20	17	19	20	24	25	26
1	<i>a</i>	25	26	19	15	18	20	24	25	26
	<i>h</i>	25	25	17	9	13	17	22	24	26
	<i>z</i>	29	18	22	21	22	19	18	19	20
2	<i>a</i>	29	18	21	19	21	19	18	19	20
	<i>h</i>	29	17	19	13	16	16	16	18	20
	<i>z</i>	29	29	17	24	25	19	17	18	19
3	<i>a</i>	29	29	16	22	24	19	17	18	19
	<i>h</i>	29	29	14	16	19	16	15	17	19
	<i>z</i>	26	26	17	14	18	22	26	27	28
8	<i>a</i>	26	26	16	12	17	22	26	27	28
	<i>h</i>	26	25	14	6	12	19	24	26	28
	<i>z</i>	24	23	20	16	18	19	21	22	23
9	<i>a</i>	24	23	19	14	17	19	21	22	23
	<i>h</i>	24	22	17	8	12	16	19	21	23
	<i>z</i>	29	19	22	20	21	18	18	19	20
10	<i>a</i>	29	19	21	18	20	18	18	19	20
	<i>h</i>	29	18	19	12	15	15	16	18	20
	<i>z</i>	29	29	19	23	27	19	19	20	21
11	<i>a</i>	29	29	18	21	26	19	19	20	21

m	v	16	31.5	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000
	h	29	29	16	15	21	16	17	19	21
	z	28	25	14	16	21	24	29	29	29
19	a	28	25	13	14	20	24	29	29	29
	h	28	24	11	8	15	21	27	29	29
	z	26	26	16	14	19	21	25	26	27
20	a	26	26	15	12	18	21	25	26	27
	h	26	25	13	6	13	18	23	25	27
	z	23	23	18	15	18	19	20	21	22
21	a	23	23	17	13	17	19	20	21	22
	h	23	22	15	7	12	16	18	20	22
	z	29	29	22	24	27	24	29	29	29
Overig	a	29	29	21	22	26	24	29	29	29
	h	29	29	19	16	21	21	27	29	29

Als onder het geluidspad verschillende bodemtypen liggen met verschillende bodemhardheid, wordt de bovengrens $D_{bodem,max}$ berekend volgens de formule:

$$D_{bodem,max} = f_z D_{bodem,max}(z) + f_a D_{bodem,max}(a) + f_h D_{bodem,max}(h) \quad (4.-37)$$

met:

$D_{bodem,max}(v)$ bovengrens voor bodemtype v voor een bepaald profiel.

De fracties f_z , f_a en f_h worden voor de meewindprofielen en het neutrale profiel bepaald over de totale afstand tussen bron en rekenpunt, voor de tegenwindprofielen worden de fracties bepaald over een gereduceerd gebied bij bron- en rekenpunt, zoals dit boven formule 4.36 is beschreven. De begrenzing wordt toegepast nadat met formule 4.33 c.q. 4.36 de bodemdemping berekend is en de eventuele schermwerking bepaald is.

Effectieve hoogte van bron of rekenpunt

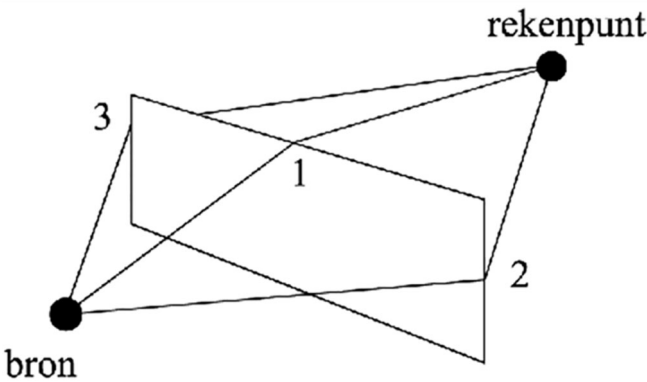
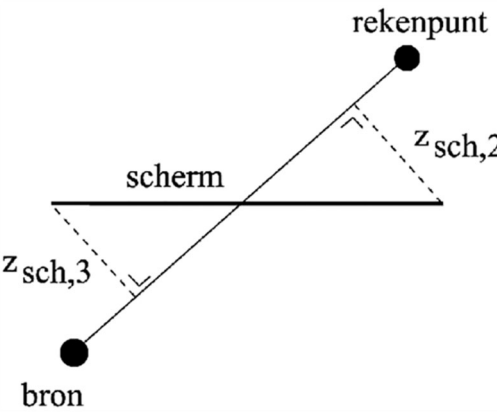
Bij de bepaling van de bodemdemping is ook de hoogte van bron- en rekenpunt van belang. Als het geluidpad één scherm snijdt dan wordt de hoogte van één van beide vervangen door een effectieve hoogte, afhankelijk van welk punt het dichtst bij het scherm staat. Als meer dan een scherm doorsneden wordt, worden de effectieve hoogtes van zowel het bron- als rekenpunt gebruikt. Eerst worden de schermen daarvoor in twee groepen verdeeld; schermen die dicht bij de bron staan dan bij het rekenpunt en schermen die dicht bij het rekenpunt staan dan bij de bron. De effectieve hoogte voor de bron wordt bepaald op basis van het meest effectieve scherm uit de eerste groep, de effectieve hoogte voor het rekenpunt wordt bepaald op basis van het meest effectieve scherm uit de tweede groep (zie formule 4.53 in paragraaf 4.6.5). Als geen schermen in een groep vallen, wordt voor de effectieve hoogte de werkelijke hoogte van de bron of het rekenpunt genomen.

4.6.5. Afscherming

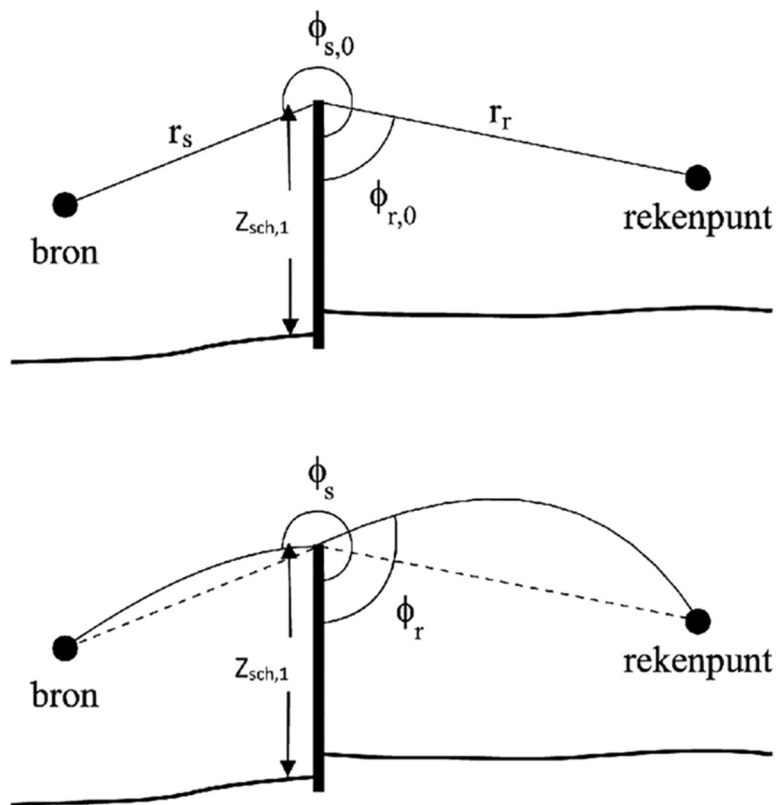
In situaties waarin het verticale vlak door het bron- en rekenpunt een object snijdt (bijvoorbeeld een geluidsscherm), wordt de invloed van dit object in formule 4.2 in rekening worden gebracht door de term D_{scherm} . In andere situaties is deze term gelijk aan nul.

Situaties met één scherm

Een scherm wordt geschematiseerd door een verticaal staande rechthoek. Drie geluidpaden worden onderscheiden. Eén pad via de top van het scherm en twee paden via de zijkanten van het scherm (zie figuur 4.8). De verticale schermhoogte $z_{sch,1}$ is de hoogte van het scherm ten opzichte van het laagste aan het scherm grenzende maaiveld. De 'horizontale schermhoogten' $z_{sch,2}$ en $z_{sch,3}$ zijn in figuur 4.9 gedefinieerd.

 A 3D diagram showing a sound source (bron) and a receiver (rekenpunt) separated by a rectangular screen. Three sound paths are shown: path 1 goes over the top of the screen; path 2 goes from the source to the bottom-left corner of the screen and then to the receiver; path 3 goes from the source to the bottom-right corner of the screen and then to the receiver.	 A top-down view of the screen between the source (bron) and the receiver (rekenpunt). The screen is represented by a horizontal line. The vertical distance from the source to the screen is labeled $z_{sch,3}$. The vertical distance from the screen to the receiver is labeled $z_{sch,2}$.
<i>Figuur 4.8:</i> Geluid bereikt het rekenpunt achter een eindig scherm via de top en via de zijkanten van een scherm.	<i>Figuur 4.9:</i> Definitie van 'horizontale schermhoogten' in een bovenaanzicht van een scherm tussen bron en rekenpunt.

Afhankelijk van de meteorologische situatie zijn de geluidpaden meer of minder gekromd. Hiermee wordt rekening gehouden bij de bepaling van de schermwerking. De schermwerking wordt daarom per meteorologische klasse bepaald.



Figuur 4.10: Straalkromming

De straalkromming wordt in rekening gebracht door correcties $\Delta\phi_s$ en $\Delta\phi_r$ toe te passen op de hoeken $\phi_{s,0}$ en $\phi_{r,0}$ die in figuur 4.10 zijn aangegeven (alle hoeken in deze paragraaf worden in radialen uitgedrukt). In formule:

$$\begin{aligned}\phi_s &= \phi_{s,0} - \Delta\phi_s \\ \phi_r &= \phi_{r,0} + \Delta\phi_r\end{aligned}\tag{4.-38}$$

Er wordt alleen rekening gehouden met straalkromming voor de zogenaamde meewindprofielen ($n = 4$ t/m 7 , 12 t/m 18 , 22 t/m 27 in tabel 4.1). Voor de andere profielen geldt $\Delta\phi_s = 0$ en $\Delta\phi_r = 0$. Ook voor de geluidpaden 2 en 3 (de horizontale omwegen) in figuur 4.9 wordt straalkromming buiten beschouwing gelaten. In de overige gevallen zijn deze correcties te bepalen uit de maximale hoogte van de geluidstraal $z_{max,n}$.

Voor de berekening van $z_{max,n}$ wordt eerst voor elk meewindprofiel een hoogte $z_{max0,n}$ berekend volgens de formules:

$$z_{max0,n} = \left(0.16 \Delta x \sqrt{\frac{H_{eff} b_n}{c_{10}}} \right)^{2/2.3} \quad \text{voor } n = 4 \dots 7 \quad (4.39)$$

$$z_{max0,n} = \Delta x \sqrt{\frac{H_{eff} b_n}{2 \pi c_{10}}} \quad \text{voor } n = 12 \dots 18 \quad (4.40)$$

$$z_{max0,n} = \left(0.2973 \Delta x \sqrt{\frac{H_{eff} b_n}{c_{10}}} \right)^{2/1.7} \quad \text{voor } n = 22 \dots 27 \quad (4.41)$$

waarin:

$$H_{eff} = \max \left(0.1, \min \left(1, \frac{f_k}{f_6} \right) f_{abs} \right) \quad (4.42)$$

met:

f_k octaafbandmiddenfrequentie ($f_6 = 500$ Hz);

f_{abs} fractie van het geluidpad waarvoor de bodem 'absorberend' of 'zeer absorberend' is;

Δx de horizontale afstand (langs het geluidpad) van bron- of rekenpunt naar het scherm afhankelijk of $\Delta\phi_s$ dan wel $\Delta\phi_r$ moet worden bepaald;

b_n parameter van het geluidsnelheidsprofiel (zie tabel 4.1).

Voor $z_{max,n}$ geldt nu:

$$z_{max,n} = \frac{z_{sch,1}^2}{z_{max0,n} + z_{sch,1}} + z_{max0,n} \quad (4.43)$$

De correcties zijn vervolgens te bepalen volgens de onderstaande formule ($t = s$ of r , zie ook formule 4.9):

$$\Delta\phi_t = \arccos \left(\frac{c_n(z_{sch,1})}{c_n(z_{max,n})} \right) \quad (4.44)$$

De demping door het scherm wordt per geluidpad ($p=1,2,3$) berekend volgens de formule:

$$D_{scherm,p} = \max(0; H_p \cdot [10 \lg(arg) - \Delta D_p]) \quad (4.45)$$

met

$$arg = \max \left[1; 3 - \Gamma_p \cdot T(\pi - \phi_s + \phi_r) \cos^2 \left(\frac{\phi_s - \phi_r}{2} \right) \right]$$

Opmerking: ϕ_s en ϕ_r zijn beide een functie van zowel de frequentie, het meteorologisch profiel als het geluidpad.

In bovenstaande formule worden de volgende functies toegepast:

$\max(x;y)$ is gelijk aan de grootste van zijn twee argumenten:

$$\max(x; y) = \begin{cases} x & \text{als } x \geq y \\ y & \text{als } x < y \end{cases} \quad (4.46)$$

$T(x)$ geeft het teken van x aan:

$$T(x) = \begin{cases} 1 & \text{voor } x \geq 0 \\ -1 & \text{voor } x < 0 \end{cases} \quad (4.47)$$

Γ_p is gedefinieerd als:

$$\Gamma_p = 16\pi^2 \frac{f_k}{c_{10}} \frac{r_s r_r}{(r_s + r_r)} \quad (4.48)$$

waarbij wordt verstaan onder:

r_s afstand van bron naar top van scherm (zie figuur 4.10);

r_r afstand van rekenpunt naar top van scherm.

De factor H_p brengt de eindige afmetingen van het scherm in rekening volgens de formule:

$$H_p = \min \left(1; \frac{z_{sch,p} f_k}{250} \right) \quad (4.49)$$

ΔD_p is de tophoekcorrectie voor een wal met tophoek γ (zie figuur 4.5). Deze correctie wordt alleen toegepast voor geluidpad 1 over de top van het obstakel:

$$\Delta D_1 = \frac{1}{(\pi - \gamma)^{1,2}} \left(\frac{6}{f_k^{0,4}} \min \left(1; \rho + \frac{6}{f_k^{0,5}} \right) + 4 \cdot f_k^{0,15} \cdot \delta \right. \\ \left. \cdot \min \left(1; \rho + \frac{18}{f_k^{0,5}} \right) \right) \\ \Delta D_{\pm} = \frac{1}{(\pi - \gamma)^{1,2}} \left(\frac{6}{f_k^{0,4}} \min \left(1; \rho + \frac{6}{f_k^{0,5}} \right) + 4 \cdot f_k^{0,15} \cdot \delta \right. \\ \left. \cdot \min \left(1; \rho + \frac{18}{f_k^{0,5}} \right) \right) \quad (4.50)$$

$$\Delta D_{2,3} = 0$$

waarbij wordt verstaan onder:

$$\rho = 1 - \alpha_{abs}$$

$$\delta = \max(0; \min(0,3; \phi_s - \phi_r - \pi)) \delta = \max(0; \min(0,3; \phi_s - \phi_r - \pi))$$

α_{abs} de frequentieafhankelijke absorptiecoëfficiënt van de zijvlakken van de wal ($0 \leq \alpha_{abs} \leq 1$). Voor een harde wal geldt $\alpha_{abs} = 0$, voor een zachte wal geldt $\alpha_{abs} = 1$, bij speciale gevallen kan hiervan worden afgeweken).

ϕ_s, ϕ_r diffractiehoeken voor geluidpad 1.

Voor de tophoek γ geldt de restrictie $0,25\pi \leq \gamma \leq 0,9\pi$. Voor een wal met $\gamma > 0,9\pi$ moet de waarde $\gamma = 0,9\pi$ worden gebruikt. Voor een wig met $\gamma < 0,25\pi$ geldt $\Delta D = 0$.

De totale schermwerking D_{scherm} wordt berekend uit de schermwerkingen $D_{scherm,p}$ van de drie geluidpaden, volgens de formule:

$$D_{scherm} = -H_1 H_2 H_3 \left(10 \lg \sum_{p=1}^3 10^{-D_{scherm,p}/(10H_p)} \right) \quad (4.51)$$

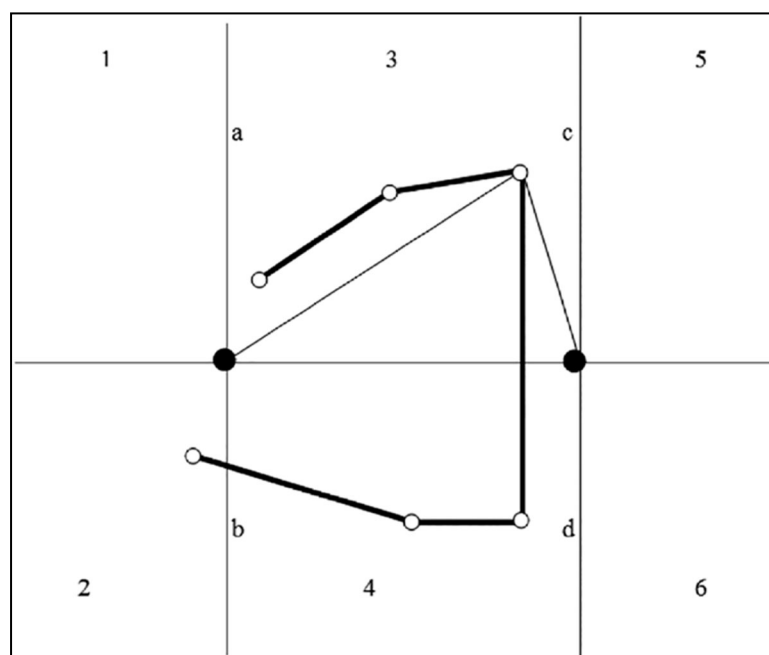
Bovenstaande formule geldt voor het neutrale profiel (profielnr. 11) en de tegenwindsituaties (profielnrs. 1 t/m 3, 8 t/m 10 en 19 t/m 21). Bij alle meewindsituaties (profielnrs. 4 t/m 7, 12 t/m 18 en 22 t/m 27) geldt formule 4.51 alleen voor de octaafbandmiddenfrequenties van 16 Hz tot 250 Hz. Boven 250 Hz geldt bij alle meewindsituaties:

$$D_{scherm}(f_n) = D_{scherm}(f_5) \quad \text{voor } f_n \geq f_5 = 250 \text{ Hz} \quad (4.52)$$

Een schermdemping groter dan 20 dB is over het algemeen moeilijk te realiseren. Als de berekende schermdemping voor een octaafband groter is dan 20 dB moet men er alert op zijn dat door omloopgeluid (bijvoorbeeld door een diffuse reflectie aan een bijliggend object) of door de aanwezigheid van turbulente wervels in de atmosfeer de effectieve werking van het scherm deels kan worden tenietgedaan. Daarom wordt de schermdemping begrensd op 20 dB, tenzij nader onderzoek aantoont dat hogere reducties kunnen worden bereikt.

Meervoudig scherm

Als een aantal schermen aan elkaar vastzit, dan spreken we van een meervoudig scherm. Alleen concave meervoudige schermen worden in beschouwing genomen. Een voorbeeld van een concaaf meervoudig scherm is weergegeven in figuur 4.11.



Figuur 4.11: Meervoudig scherm met zes hoekpunten. De linker omweg is aangegeven. Er is geen rechter omweg mogelijk in deze situatie. Lijn a-b gaat in dit horizontale vlak door het bronpunt en lijn c-d door het rekenpunt.

De schermwerking wordt als volgt berekend:

1. Pad via top van het scherm:

Eerst wordt bepaald welke schermen worden gesneden door het verticale vlak door bron- en rekenpunt. Vervolgens wordt het scherm geselecteerd waarbij het verschil tussen de diffractiehoeken $\phi_{s,0} - \phi_{r,0}$ het grootst is. Als geen enkel scherm gesneden wordt is $D_{scherm} = 0$.

2. Pad via de zijkanten van het scherm:

Het horizontale vlak wordt verdeeld in zes gebieden, gescheiden door een lijn door rekenpunt en bronpunt en door twee lijnen a-b en c-d, die hier dwars opstaan (zie figuur 4.11).

a) Linker omweg. Bepaal het snijpunt van de lijn van bronpunt naar rekenpunt met het in stap 1 geselecteerde scherm. Volg het meervoudige scherm naar links. Als het meervoudige scherm lijn a of lijn c snijdt, wordt de linker omweg niet meegerekend. De $H_p(f_k)$ is dan gelijk aan 1 (zie formule 4.49 en 4.51) en $D_{scherm,p} = \infty$. Als het meervoudige scherm lijn a en lijn c niet snijdt, wordt van alle hoekpunten in gebied 3 het hoekpunt geselecteerd met de grootste waarde van het *horizontaal* diffractiehoek-verschil $\phi_s - \phi_r$. Dit hoekpunt bepaalt de linker omweg.

b) Rechter omweg: analoog.

De procedure is ook van toepassing op een gesloten meervoudig scherm, waarbij beginpunt en eindpunt van het scherm samenvallen. Een voorbeeld hiervan is een gebouw.

Meer dan een scherm

In situaties met meer dan een scherm tussen bron- en rekenpunt worden maximaal twee schermen in rekening gebracht. Eerst worden de schermen in twee groepen verdeeld: een groep met schermen die zich dicht bij de bron bevinden en een groep met schermen die zich dicht bij het rekenpunt bevinden. Van beide groepen wordt het scherm geselecteerd met het grootste verschil van de diffractiehoeken ($\phi_{s,0} - \phi_{r,0}$) voor de verticale omweg. De schermwerkingen van de twee geselecteerde schermen worden, inclusief de bijdragen van de horizontale omwegen, bij elkaar opgeteld. Deze som geeft de totale schermwerking.

De effectieve bronhoogte (van toepassing bij de bepaling van de bodemdemping) wordt bepaald op basis van het geselecteerde scherm uit de eerste groep, de effectieve hoogte van het rekenpunt wordt bepaald op basis van het geselecteerde scherm uit de tweede groep.

Effectieve hoogte van bron- of rekenpunt

Bij de bepaling van de bodemdemping wordt, als het geluidpad een scherm snijdt, de hoogte van het bronpunt of van het rekenpunt (afhankelijk van het feit of het bronpunt of het rekenpunt dicht bij het scherm ligt) vervangen door een effectieve hoogte:

$$h_{eff} = h_s + \frac{1}{9} \sum_{k=1}^9 Y_k H_2(f_k) H_3(f_k) (z_{sch,1} - h_s) \max \left(0; \min \left(1; \frac{\phi_s - \phi_r - \pi}{0.1} \right) \right) \quad (4.53)$$

waarbij wordt verstaan onder:

ϕ_s, ϕ_r diffractiehoeken voor geluidpad 1.

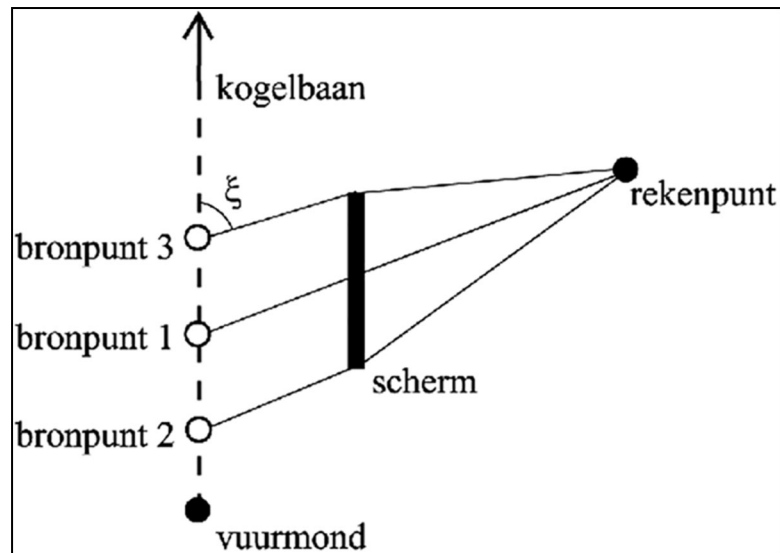
$$Y_k = \frac{2}{1 + \exp \left(\left(D_{scherm,1}(f_k) / \text{neg}(D_{scherm,2}(f_k), D_{scherm,3}(f_k)) \right)^{10} \right)}$$

met

$$\text{neg}(D_{scherm,2}, D_{scherm,3}) = -10 \lg(10^{-0,1D_{scherm,2}} + 10^{-0,1D_{scherm,3}})$$

Bovenstaande formule is gegeven voor het bepalen van de effectieve hoogte van de bron. Voor de bepaling van de effectieve hoogte van het rekenpunt moet h_s worden vervangen door h_r .

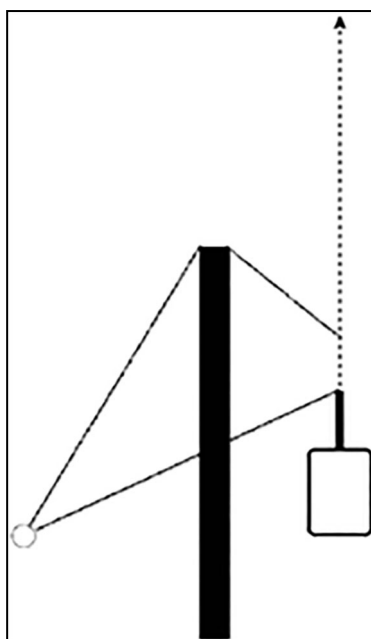
Bij de berekening van de bodemdemping bij reflecties wordt – als sprake is van afscherming- voor de bepaling van de effectieve hoogte uitgegaan van het geluidpad van gespiegelde bron naar rekenpunt. Het reflecterend vlak heeft hierbij geen invloed op de bepaling van de effectieve hoogte.



Figuur 4.12: Schematische weergave van afscherming van kogelgeluid.

Afscherming kogelgeluid

Voor de afscherming van kogelgeluid wordt in principe dezelfde benadering gevolgd als bij afscherming voor mondingsgeluid of detonatiegeluid. Ook hierbij worden drie geluidpaden onderscheiden: een pad over de top van het obstakel en twee paden langs de zijkanen van het scherm. Het verschil is echter dat deze drie geluidpaden over het algemeen verschillende bronpunten op de kogelbaan hebben (zie figuur 4.12). Het bronpunt van het pad over de top is gelijk aan het bronpunt voor de onafgeschermd situatie; de twee andere bronpunten worden bepaald door formule 4.19 met (x_l, y_l) respectievelijk de linker en rechter zijkant van het scherm. Als kogelgeluid is afgeschermd, wordt de bijdrage van het kogelgeluid bepaald uit de energetisch gesommeerde bijdragen van de drie bronnen die op deze drie bronposities gedacht kunnen worden. Dit betekent dat per bron alle dampingstermen (geometrische-, lucht-, bodem-, niet-lineaire en schermdamping) moeten worden bepaald.



Figuur 4.13: Berekening van kogelgeluidbijdrage voor situaties waarbij het mondingsgeluid is afgeschermd maar een rand van het scherm in het Mach-gebied ligt.

Er is sprake van afscherming als de lijn van het bronpunt van het kogelgeluid (bepaald in de niet afgeschermd situatie) naar het rekenpunt het scherm snijdt, anders is er sprake van een onafgeschermd situatie en wordt de systematiek gehanteerd, die hiervoor beschreven is. Een uitzondering hierop is de situatie die in nevenstaande figuur is afgebeeld waarbij het rekenpunt in gebied I ligt en het mondingsgeluid wordt afgeschermd. Eén verticale rand van het scherm ligt echter in het Mach-gebied (gebied II). Ook in deze situatie wordt een kogelgeluidbijdrage berekend. Hierbij wordt er maar één (horizontaal) geluidpad beschouwd en wel langs de verticale rand van het scherm dat in het kogelgeluidgebied ligt. Deze bijdrage wordt echter alleen meegenomen als de bovenrand van het scherm ten minste 1 m boven de mond van het wapen uitsteekt.

De bronsterkten van de genoemde drie bronnen (of één bron voor het laatst genoemde geval) worden bepaald zoals in paragraaf 4.6.1 beschreven. De geometrische demping wordt op dezelfde manier bepaald als voor onafgeschermd kogelgeluid conform de formules die in § 4.6.2. voor kogelgeluid zijn beschreven. Het is hierbij van belang in welk gebied een verticale rand van een scherm ligt (zie figuur 4.7). Als bijvoorbeeld een schermrand in gebied III ligt moet voor de geometrische demping formule 4.28 worden toegepast. Over het algemeen is dus de geometrische demping voor de verschillende combinaties verschillend aangezien de bronposities niet gelijk hoeven te zijn. Ook de lucht-, bodem- en niet-lineaire demping worden (vergelijkbaar met de berekeningsmethode voor afgeschermd mondingsgeluid) bepaald voor het directe pad van bronpunt naar rekenpunt. De schermdemping tot slot wordt bepaald met formule 4.45 waarbij per bronpunt maar één pad wordt beschouwd overeenkomend met het pad dat in figuur 4.12 staat aangegeven. De tophoekcorrectie wordt alleen toegepast voor het pad over de top van het obstakel. Voor de situatie die in figuur 4.13 is weergegeven wordt dus geen tophoekcorrectie toegepast. Verder zijn dezelfde restricties van toepassing als die bij formule 4.50 en 4.52 zijn gegeven.

Voor het bepalen van de geluidbelasting (zie formule 3.1 t/m 3.7 in hoofdstuk 3) worden eerst de verschillende bijdragen van het afgeschermd kogelgeluid – langs maximaal drie verschillende paden – energetisch gesommeerd.

4.6.6. Niet-lineaire damping

Alleen voor de berekening van de geluidbelasting door kogelgeluid wordt een dampingsterm in rekening gebracht, die voortkomt uit de niet-lineaire overdracht van kogelgeluid. Deze term is alleen van toepassing voor rekenpunten in gebied II. Hiervoor geldt de formule:

$$D_{lin} = 5 \lg \left(1 + \frac{1}{2} \sqrt{1 + \frac{(M^2 - 1)}{r_0 k}} \ln \left(\frac{R + \frac{M^2 - 1}{2k} + \sqrt{R^2 + R \cdot \left(\frac{M^2 - 1}{k} \right)}}{r_0 + \frac{M^2 - 1}{2k} + \sqrt{r_0^2 + r_0 \cdot \left(\frac{M^2 - 1}{k} \right)}} \right) \right) \quad (4.54)$$

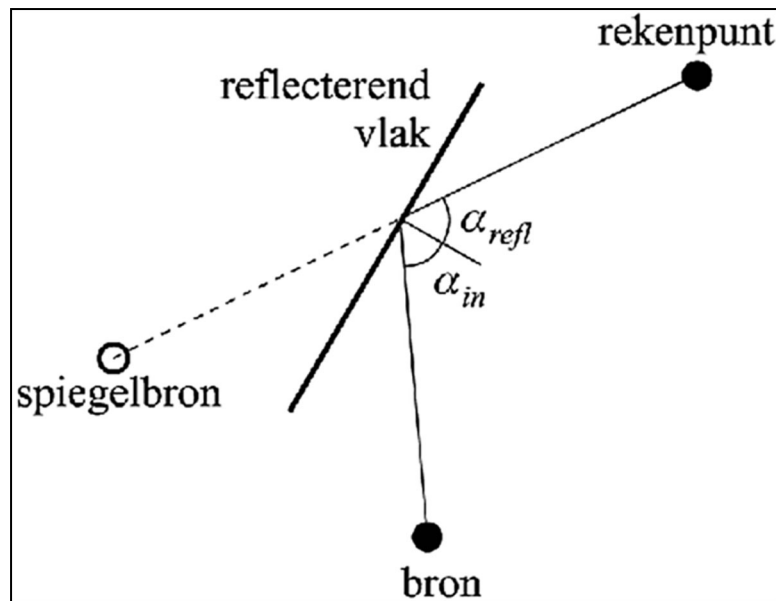
met

$$r_0 = 1 \text{ m}$$

$$k = -v_1 / c_{10}$$

Voor rekenpunten in gebied III wordt deze term alleen over de afstand R_1 in rekening gebracht.

4.6.7. Spiegelreflecties



Figuur 4.14: Voor een spiegelreflectie geldt dat de hoek van inval (α_{in}) gelijk is aan de hoek van reflectie (α_{refl}). Een spiegelreflectie wordt gemodelleerd met behulp van een spiegelbron.

Spiegelreflecties aan objecten worden in rekening gebracht door gebruik te maken van spiegelbronnen. Hierbij moet aan een aantal eisen worden voldaan (zie paragraaf 4.5.4):

1. Het object heeft een min of meer vlakke en geluidreflecterende wand.
2. De reflecterende wand moet een dichtheid hebben groter dan 10 kg/m^2 . Bomenrijen en open procesinstallaties worden zo buitengesloten.
3. Het geluid moet via een reflectie (zoals bij optische spiegeling) het rekenpunt kunnen bereiken. De hoek tussen de geluidreflecterende wand en de verticaal moet daarom kleiner zijn dan 10° . Van een talud kan dus geen reflectiebijdrage komen.

Als een object meer dan een reflectievlak heeft (zoals een scherm met enige hoeken), moet ieder vlak van het object als een mogelijk afzonderlijk reflecterend object worden beschouwd.

Op het geluidpad tussen bron- en rekenpunt worden alleen enkelvoudige reflecties in de berekening meegenomen.

Het bronniveau van een spiegelbron L_{Eb}^* is lager dan het bronniveau van de originele bron; L_{Eb}^* wordt bepaald uit bronniveau L_{Eb} van de originele bron volgens de formule:

$$L_{Eb}^* = L_{Eb} - D_{refl} \quad (4.55)$$

waarin L_{Eb} het bronniveau (per octaafband) van de originele bron in de richting van het reflectiepunt is en D_{refl} de reflectiedemping. De reflectiedemping voor spiegelreflecties wordt bepaald volgens de formule:

$$D_{refl} = -10 \lg(\varepsilon_{hor} \varepsilon_{ver} \rho) \quad (4.56)$$

waarbij wordt verstaan onder:

ε_{hor} de 'horizontale' reflectie-effectiviteit ($0 \leq \varepsilon_{hor} \leq 1$),

ε_{ver} de 'verticale' reflectie-effectiviteit ($0 \leq \varepsilon_{ver} \leq 1$),

ρ de reflectiviteit ($0 \leq \rho \leq 1$).

De reflectiviteit ρ wordt bepaald door de absorberende eigenschappen van het materiaal waaruit het reflecterende vlak bestaat. In het algemeen is ρ een functie van de frequentie. Voor een hard vlak geldt $\rho = 1$.

De horizontale effectiviteit ε_{hor} en de verticale effectiviteit ε_{ver} representeren de invloed van de eindige breedte respectievelijk hoogte van het vlak.

De 'horizontale' reflectie-effectiviteit wordt bepaald volgens de formule

$$\varepsilon_{hor} = \min \left(1, \alpha_{hor} \frac{W_1 W_2}{\lambda r_b} \right) \quad (4.57)$$

waarbij wordt verstaan onder:

W_1, W_2 horizontale afstand van reflectiepunt tot rand reflecterend vlak loodrecht op lijn van bron naar reflectiepunt (zie figuur 4.15);

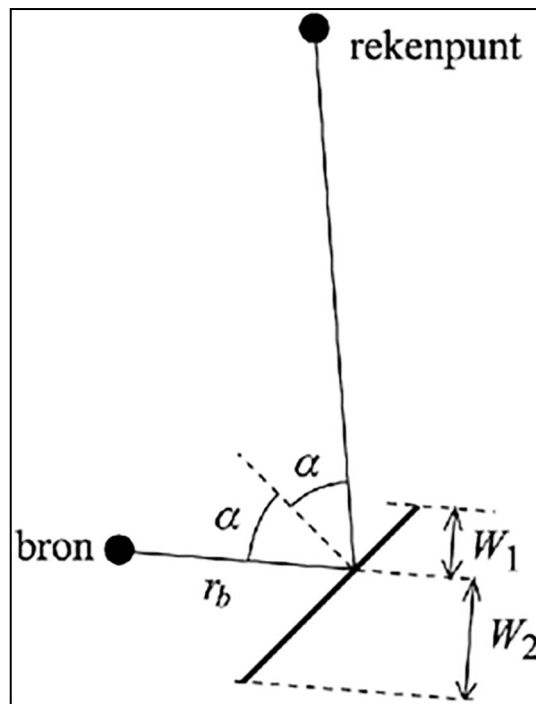
r_b horizontale afstand van de bron tot het reflectiepunt;

$\lambda = c_{10}/f_k$ golflengte die overeenkomt met de octaafbandmiddenfrequentie f_k ;

$\alpha_{hor} = 4.54,5$ een constante.

De horizontale afstand r_b van de bron tot het reflectiepunt wordt hierbij kleiner verondersteld dan de afstand van het rekenpunt tot het reflectiepunt; als dit niet zo is dan wordt voor r_b de afstand van het rekenpunt tot het reflectiepunt gebruikt.

De afstanden W_1 en W_2 worden gegeven door de formules $W_1 = L_1 \cos \alpha$ en $W_2 = L_2 \cos \alpha$, waarin L_1 en L_2 de afstanden zijn van het reflectiepunt tot de beide randen van het vlak, en α de reflectiehoek is (zie figuur 4.15).



Figuur 4.15: Illustratie van een spiegelreflectie, met daarin aangegeven de afstanden W_1 en W_2 , de horizontale afstand r_b van de bron tot het reflectiepunt, en de reflectiehoek α .

De ‘verticale’ reflectie-effectiviteit wordt bepaald volgens de formule

$$\mathcal{E}_{\text{ver}} = (1 - 10^{-D_{\text{scherm}}/20})^2 \quad (4.58)$$

waarin D_{scherm} de schermwerking is van het reflecterende vlak voor de overdracht van de spiegelbron naar het rekenpunt (zie figuur 4.14). De schermwerking is afhankelijk van de geometrie, de frequentie, de meteorologische klasse en het bodemtype. Bij de berekening van D_{scherm} wordt alleen het geluidpad via de top van het scherm meegerekend; het scherm wordt in horizontale richting dus oneindig lang verondersteld. Er wordt geen tophoekcorrectie toegepast.

Voor de berekening van de geluidsoverdracht langs een gereflecteerde straal moet dezelfde procedure worden gevolgd als voor de directe geluidsoverdracht, waarbij het verloop van bodemruwheid en bodemhardheid bepaald wordt langs het *gereflecteerde* geluidpad.

Schermwerking langs dit gereflecteerde geluidpad wordt berekend voor die schermen die door dit pad worden doorsneden. Voor schermen tussen bron en reflecterend object wordt voor de schermwerking uitgegaan van bron en gespiegeld rekenpunt. Voor schermen tussen rekenpunt en reflecterend object wordt voor de schermwerking uitgegaan van de gespiegelde bron en het rekenpunt.

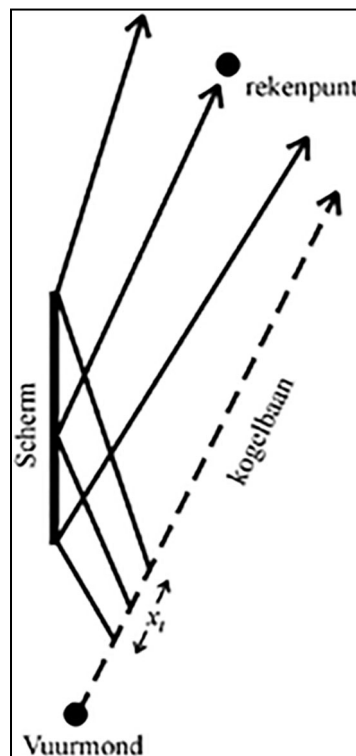
De richting van het geluidpad, aangegeven door hoek $\vartheta(b)$ in formule 3.2 en 3.3, verandert na een reflectie. Voor de berekening van de deelbijdrage tot de geluidbelasting wordt in de genoemde formules echter van de richting van het langste deel van het geluidpad uitgegaan (voor de vaststelling van de hoekafhankelijke bronsterkte wordt natuurlijk uitgegaan van het eerste deel van het geluidpad vanaf de bron).

Reflectie van kogelgeluid

Een reflectie van kogelgeluid kan het rekenpunt alleen bereiken als het rekenpunt zich binnen het gebied bevindt dat door spiegeling van het kogelgeluid wordt bestreken. Dit is geïllustreerd in figuur 4.16.

Uit de positie van het gespiegelde rekenpunt kan het bronpunt op de kogelbaan van het gereflecteerde kogelgeluid worden bepaald. Als het gespiegelde rekenpunt in gebied III ligt wordt de reflectiebijdrage verwaarloosd.

Voor de bepaling van de transitieafstand (zie formule 4.26) wordt voor x_t bij de berekening van de reflectiebijdrage dat deel van de kogelbaan genomen waarop bronpunten liggen waarvan het geluid kan reflecteren in het scherm (zie figuur 4.16). Alleen het gedeelte van het scherm dat in gebied II ligt wordt hierbij verdisconteerd.



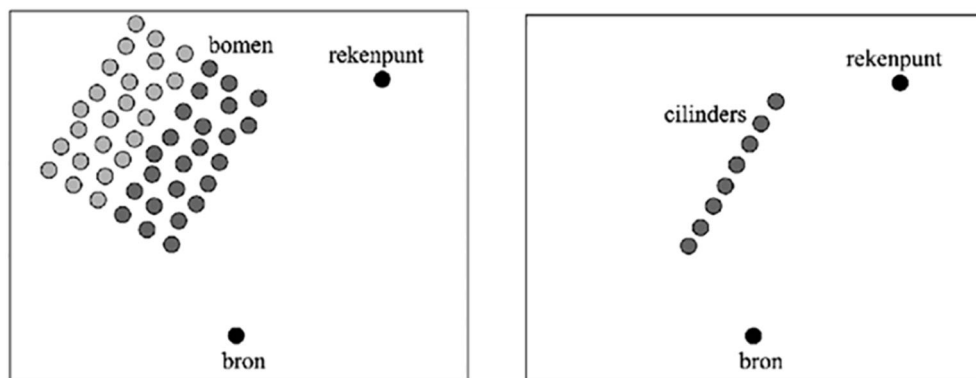
Figuur 4.16: Schematische weergave van de reflectie van kogelgeluid.

4.6.8. Diffuse reflectie

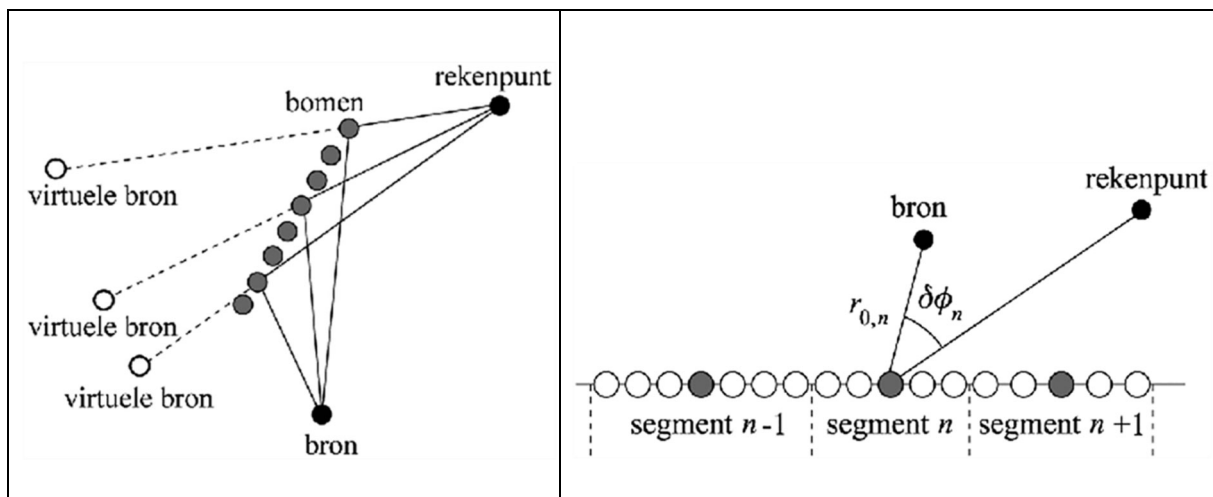
Diffuse reflecties treden op aan een bosrand; als er minder dan drie bomenrijen aanwezig zijn wordt de diffuse reflectie niet meegerekend. Een diffuse reflectie treedt op als er 'zicht' is op de bosrand vanuit zowel de positie van de bron als de positie van het rekenpunt; optische spiegeling is hierbij irrelevant. De bijdrage van diffuse reflecties is alleen relevant als het rechtstreekse geluidpad van bron naar rekenpunt wordt afgeschermd. Als deze afscherming voor de 250 Hz octaafband meer dan 8 dB bedraagt (berekend voor profiel 14 mbv formule 4.51) en aan de hiervoor genoemde voorwaarden voldaan wordt, moet diffuus geluid in rekening worden gebracht.

Een bosrand wordt gemodelleerd met één rij van equidistante cilinders (zie figuur 4.17). De afstand tussen de cilinders d_{eff} bedraagt de helft van de gemiddelde afstand tussen naburige bomen van de eerste drie bomenrijen van de bosrand. Deze gemiddelde afstand wordt benaderd door $1/\sqrt{n_2}$, waarbij n_2 het gemiddeld aantal bomen per oppervlakte-eenheid is. De straal van de cilinders r_{cil} is gelijk aan de gemiddelde straal van de bomen in de bosrand. Indicatieve waarden voor een gemiddeld bos zijn $d_{eff} = 1,4$ m en $r_{cil} = 0,1$ m.

Alle cilinders dragen bij aan de diffuse reflectie. Diffuse reflecties worden gemodelleerd met behulp van virtuele bronnen (zie figuur 4.18a). In principe kan voor elke cilinder een virtuele bron worden gebruikt, maar voor een efficiënte berekening worden de cilinders gegroepeerd in segmenten (zie figuur 4.18b). De lengtes van de segmenten worden zo gekozen dat de hoek waaronder elk segment vanuit de bron gezien wordt ongeveer 5° is (of vanuit het rekenpunt, als dit zich dichterbij de bosrand bevindt). Het aantal cilinders binnen een segment is geheel-tallig. De hoek waaronder een segment gezien wordt kan hierdoor enigszins variëren. De precieze grootte van een hoeksector wordt bepaald door het maximaal aantal cilinders dat net binnen een sector van 5° past. Als de hoek waaronder de totale rij cilinders wordt gezien minder dan 5° is, wordt alleen één segment gebruikt. De bijdragen van de virtuele bronnen aan de reflectie kunnen als incoherent worden beschouwd, zodat elke virtuele bron als een aparte bron kan worden behandeld.



Figuur 4.17: Bij een diffuse reflectie aan een bosrand wordt de bosrand (links) vervangen door één rij equidistante cilinders aan de bosrand (rechts).



Figuur 4.18a: De bijdrage van een cilinder aan een diffuse reflectie wordt gerepresenteerd door een virtuele bron. Een virtuele bron ligt in het verlengde van de lijn van de cilinder naar het rekenpunt. De afstand van de virtuele bron naar de cilinder is gelijk aan de afstand van de echte bron naar de cilinder.

Figuur 4.18b: Voor een efficiënte berekening worden de cilinders gegroepeerd in segmenten. De bijdragen van de cilinders binnen een segment worden aan elkaar gelijk gesteld, zodat per segment alleen een berekening voor de centrale cilinder hoeft te worden uitgevoerd.

Net als bij spiegelreflecties wordt door een reflectiedemping D_{refl} rekening gehouden met het feit dat een virtuele bron zwakker is dan de echte bron. Het bronniveau L_{Eb}^* van een virtuele bron (per octaafband) wordt bepaald met formule 4.55. De reflectiedemping D_{refl} voor diffuse reflecties wordt hierin bepaald volgens de formule:

$$D_{refl} = -10 \lg(\varepsilon_{ver} \rho N_{cil}) \quad (4.59)$$

waarbij wordt verstaan onder:

ε_{ver} 'verticale' reflectie-effectiviteit ($0 \leq \varepsilon_{ver} \leq 1$),

ρ reflectiviteit per cilinder ($0 \leq \rho \leq 1$),

N_{cil} aantal cilinders in het segment.

De verticale reflectie-effectiviteit ε_{ver} wordt op dezelfde manier berekend als voor spiegelreflecties (zie formule 4.58), waarbij voor de schermhoogte de gemiddelde hoogte van de bomen wordt gebruikt.

De reflectiviteit per cilinder ρ wordt bepaald volgens de formule:

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + \exp(\alpha_1 \lg(f_a / f_k))} \quad (4.60)$$

met

$$f_a = \frac{c_1}{r_{cil}} \quad (4.61)$$

en

$$\rho_0 = 0.02 \min \left(1, \frac{r_1}{r_0} r_{cil} \cos \left(\frac{1}{2} \delta \phi \right) \right) \quad (4.62)$$

waarin $c_1 = 25$ m/s, $r_1 = 25$ m en $\alpha_1 = 10$ constanten zijn, en r_0 en $\delta\phi$ parameters die in figuur 4.18b aangegeven zijn; de index n van het segment is hier voor het gemak weggelaten. De parameter $\delta\phi$ is de hoek tussen de lijnen van de centrale cilinder van het segment naar de bron en naar het rekenpunt.

De parameter r_0 is de afstand van de bron tot de centrale cilinder van het segment, waarbij de afstand van de bron tot de centrale cilinder kleiner wordt verondersteld dan de afstand van het rekenpunt tot de cilinder; als dit niet zo is dan moet voor r_0 de afstand van het rekenpunt naar de centrale cilinder worden gebruikt.

Bij de overdracht van een virtuele bron naar het rekenpunt treden de dempingen D_{geo} , D_{lucht} , D_{bodem} en eventueel D_{scherm} op. De berekening van deze dempingen gaat op dezelfde manier als dit bij spiegelreflecties is beschreven.

5. Beschrijving invoergegevens

5.1. Schietbaan

Over het gebruik van de schietbaan moeten de volgende gegevens worden vermeld:

- aantal dagen (07.00 – 19.00 uur), avonden (19.00 – 23.00 uur) en nachten (23.00 – 07.00 uur) per jaar dat de schietbanen in gebruik zijn;
- mogelijke beperkingen die gesteld zijn aan het gebruik van de schietbaan;
- schietbaantype (zie § 2.7);
- akoestische voorzieningen;
- lengte van de schietbanen;
- locatie van de schietposities;
- locatie van de doelposities;
- specificatie van de wapentypes en de munitie (met bijbehorende aandrijvende lading) waarmee geschoten wordt;
- hoogte van het bronpunt van elk wapentype boven het plaatselijk maaiveld;
- aantal schoten per jaar, uitgesplitst naar:
 - beoordelingsperiode (dag: 07.00 – 19.00 uur, avond: 19.00 – 23.00 uur, nacht: 23.00 – 07.00 uur), alleen voor de dagperiode wordt dit uitgesplitst naar zon- en feestdagen en overige dagen;
 - schietbaan;
 - schietpositie;
 - doelpositie;
 - wapen-munitiecombinatie;
- verdeling van de schoten naar de stand waaruit geschoten wordt (liggend of staand).

5.2. Rekenmodel

In het akoestisch rapport moet worden aangetoond dat de situatie valt binnen het toepassingsbereik van deze bijlage.

De volgende gegevens over de gebruikte software moeten worden vermeld:

- datum of versie van toegepaste rekenprogramma('s);
- datum of versie van de toegepaste gegevensbestanden.

In het rapport moet worden vermeld welke keuzes er zijn gemaakt over de modellering en waarom deze keuzes zijn gemaakt. Wanneer in de modellering wordt afgeweken van deze rekenmethode, moet dit gemotiveerd worden aangegeven.

Als de brongegevens niet in het gegevensbestand zijn opgenomen maar uit emissiemetingen zijn verkregen, moeten deze metingen zijn uitgevoerd zoals beschreven in de Toelichting op toepassing van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid. De beschrijving van de emissiemetingen moet als bijlage aan het rapport worden toegevoegd. Ook kan worden volstaan met een verwijzing naar een bestaande rapportage.

Als de brongegevens niet direct uit metingen zijn bepaald, moet de reden hiervan worden opgegeven en moet worden vermeld hoe deze brongegevens zijn verkregen. Dit moet ook gebeuren als gebruik gemaakt is van de categorie-indeling voor wapen-munitiecombinaties van hand- en vuistvuurwapens. De procedure hiervoor staat beschreven in het eerder genoemde TNO-rapport.

In de hoofdtekst van het akoestisch rapport moet een globale beschrijving van de invoergegevens voor het rekenmodel worden gegeven. Een gedetailleerde beschrijving van de invoergegevens en een grafische weergave van de geometrische invoergegevens wordt als bijlage in het rapport opgenomen.

5.3. Berekeningsresultaten

Voor elk rekenpunt moet voor de drie beoordelingsperioden de geluidbelasting worden gegeven ($B_{s,dag}$, $B_{s,avond}$ en $B_{s,nacht}$) samen met de daaruit afgeleide dag-avond-nachtwaarde ($B_{s,dan}$) van de geluidbelasting. In de bijlage van het rapport moet de geluidbelasting per bron worden gegeven voor elk rekenpunt en voor elke beoordelingsperiode.

6. Methode voor de berekening van $L_{Es,periode}$ bij een geluidbelasting kleiner dan 50 dB(A)

Hieronder wordt de methode voor de berekening van de deelbijdrage aan de geluidbelasting ($L_{Es,periode}$, zie formule 3.1) gegeven die kan worden toegepast bij de berekening van geluidniveaus kleiner dan 50 dB. De impuls toeslag ($P_{imp}=12$ dB) en de toeslag voor extra laagfrequente componenten in het geluid ($P_{lf}(b,m)$) worden dan bij de berekening van de geluidbelasting, alleen meegenomen voor zover het geluid waarneembaar is op het immissiepunt. De deelbijdrage $L_{Es,periode}(b,m)$ (zie formule 3.1) wordt dan bepaald als de energetische som van twee termen, die gewogen zijn met de kans dat een schot (van bron b voor meteorologische situatie m) respectievelijk wel en niet gehoord wordt:

$$L_{Es,periode}(b,m) = 10 * \lg \{ k_{periode} * 10^{(L_{AE}(b,m) + P_{imp} + P_{lf}(b,m))/10} + (1 - k_{periode}) * 10^{L_{AE}(b,m)/10} \} \quad (6.1)$$

$k_{periode}$ is hierbij de kans dat het schietgeluid in de dag-, avond of nachtperiode hoorbaar is. Deze kans hangt onder andere af van het geluidniveau van het schietgeluid, de omgeving waarin men zich bevindt en de aard van de activiteiten waar men mee bezig is.

Bovenstaande formule kan ook worden geschreven als

$$L_{Es,periode}(b,m) = L_{AE}(b,m) + C(b,m) \quad L_{Es,periode}(b,m) = L_{AE}(b,m) + C(b,m) \quad (6.2)$$

met

$$C(b,m) = 10 * \lg \{ k_{periode} * 10^{(P_{imp} + P_{lf}(b,m))/10} + (1 - k_{periode}) \} \quad (6.3)$$

$C(b,m)$ is hierbij dan de correctie om een deelbijdrage van schietgeluid om te rekenen naar een even hinderlijk niveau van wegverkeersgeluid. Gemakkelijk is in te zien dat $C(b,m) = P_{imp} + P_{lf}(b,m)$ voor $k_{periode} = 1$, en $C(b,m) = 0$ voor $k_{periode} = 0$.

De kans $k_{periode}$ wordt bepaald volgens de formule:

$$k_{periode} = \int_{-\infty}^{z_{periode}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}t^2} dt \quad (6.4)$$

waarin voor een periode de z -waarde wordt bepaald volgens de formule:

$$z_{periode} = a_1 + a_2 L_{AE}(b,m) + a_3 \Delta L' [L_{AE}(b,m) - a_4] \quad (6.5)$$

zie voor de berekening van $\Delta L'$ hoofdstuk 3. De coëfficiënten a_1 t/m a_4 zijn hierbij afhankelijk van de periode en zijn weergegeven in tabel 6.1.

Tabel 6.1 Coëfficiënten a_1 t/m a_4 voor de dag-, avond- en nachtperiode.

	Dag	Avond	Nacht
a_1	~~-5,3~~ -5,3	~~-5,3~~ -5,3	~~-0,413~~ -0,413
a_2	~~0,155~~ 0,155	~~0,155~~ 0,155	~~0,063~~ 0,063
a_3	~~0,002~~ 0,002	~~0,002~~ 0,002	~~0,0054~~ 0,0054
a_4	45	45	25

Formule (6.4) beschrijft de gestandaardiseerde cumulatieve normaalverdeling. In standaard statistiekboeken zijn tabellen opgenomen die voor willekeurige waarden van z de uitkomst van deze integraal geven.

BIJLAGE XVIIIId BIJ DE ARTIKELN 6.9, TWEEDE LID, EN 8.26, TWEEDE LID, VAN DEZE REGELING (REKENMETHODE GELUID CIVIELE BUITENSCHIETBANEN)

Toepassingsgebied

De in deze bijlage beschreven methode kan worden toegepast voor de berekening van de geluidbelasting van civiele buitenschietbanen voor de volgende situaties:

- Het baantype valt onder de volgende categorieën:
 - Kleiduivenschietbanen waar alleen met hagelgeweren wordt geschoten; of
 - Schermenschietbanen die ten hoogste 100 m lang zijn en geheel door wallen of muren zijn omsloten, met daarboven veiligheidsschermen zodat er geen onveilig gebied buiten de baan bestaat;
- De bronsterkte is bepaald volgens de Toelichting op toepassen van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid. Voor kleiduivenschietbanen is dit de vrije veld bronsterkte, bij schermenbanen is dit de bronsterkte van de combinatie van baan, wapen en munitie;
- De baan wordt niet in de nachtperiode (23:00–07:00 uur) gebruikt;
- De afstand tussen de bronpunten en de punten waarop de geluidbelasting wordt berekend is niet groter dan 1,5 km; en
- Het schietgeluid komt niet via grote (> 200 m) akoestisch harde bodemvlakken (bijvoorbeeld wateroppervlakken) vanaf de bron bij het rekenpunt terecht.

Voor bovenstaand toepassingsgebied kan, naast de rekenmethode voor schietgeluid uit bijlage XVIIIc, ook een eenvoudige berekeningsmethode worden toegepast om de geluidbelasting te bepalen. Hierbij wordt het overdrachtsmodel (methode II.8) uit bijlage IVh gebruikt, maar dan wel met enkele aanpassingen. Deze eenvoudige berekeningsmethode wordt in deze bijlage beschreven. In andere gevallen wordt de rekenmethode uit bijlage XVIIIc toegepast.

Principe van de rekenmethode

In deze bijlage worden zoveel mogelijk dezelfde symbolen gebruikt zoals die ook in bijlage XVIIIc zijn gedefinieerd om een onderlinge vergelijking tussen de twee rekenmethoden beter mogelijk te maken.

Het uitgangspunt voor deze eenvoudige rekenmethode is de onderstaande relatie:

$$\begin{aligned} \frac{L_E(b, f_k)}{\text{immissieniveau}} &= \frac{L_{Eb}(b, f_k)}{\text{bronniveau}} - \frac{\Sigma D(f_k)}{\text{dempingstermen}} \\ \frac{L_E(b, f_k)}{\text{immissieniveau}} &= \frac{L_{Eb}(b, f_k)}{\text{bronniveau}} - \Sigma D(f_k) \end{aligned} \quad (1)$$

Per rekenpunt wordt per bron (index b) en per octaafband (f_k) de geluidimmissie (L_E) volgens deze relatie bepaald. In tegenstelling tot de rekensystematiek in bijlage XVIIIc wordt het immissieniveau niet voor 27 meteorologische klassen berekend, maar voor één meewindsituatie zoals dat in de bijlage IVh is gedefinieerd. De dempingstermen (D) zijn beschreven in methode II.8 in bijlage IVh. Hierbij worden echter de demping door vegetatie D_{veg} , door terrein $D_{terrein}$ of D_{huis} niet toegepast. Het bronniveau (L_{Eb}) wordt bepaald volgens de Toelichting op toepassen van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid.

Op dit berekende immissieniveau (geldig voor een meewindsituatie) wordt een procedurele meteorocorrectieterm toegepast (paragraaf 8.1 van module C – methode II van [2]) om per bron een meteorogemiddeld immissieniveau te bepalen.

$$\overline{L_E(b, f_k)} = L_E(b, f_k) - C_m \quad (2)$$

Vervolgens wordt van dit meteorogemiddelde niveau de A-gewogen ($\overline{L_{AE}(b)}$) en C-gewogen waarde ($\overline{L_{CE}(b)}$) bepaald. Beide zijn nodig om de toeslag voor laagfrequente componenten in schietgeluid P_{lf} te kunnen bepalen. Samen met de impuls toeslag P_{imp} kan dan de meteorogemiddelde deelbijdrage aan de geluidbelasting ($\overline{L_{Es}(b)}$) worden berekend volgens de formule:

$$\overline{L_{Es}(b)} = \overline{L_{AE}(b)} + P_{imp} + P_{lf}(b) \quad (3)$$

De impulstoeslag P_{imp} en de toeslag voor laagfrequente componenten in schietgeluid P_{lf} zijn gedefinieerd in [3].

De geluidbelasting voor de dag en de avondperiode wordt voor bron b bepaald volgens de formules:

$$B_{s,dag}(b) = \overline{L_{Es}(b)} + 10 \lg \left(\frac{N_{dag}(b) + 2 \times N_{zondag,dag}(b)}{365} \right) - 10 \lg(12 \times 3600) + 3 \text{ dB} \quad (4)$$

$$B_{s,avond}(b) = \overline{L_{Es}(b)} + 10 \lg \left(\frac{N_{avond}(b)}{365} \right) - 10 \lg(4 \times 3600) + 4 \text{ dB} + 5 \text{ dB} \quad (5)$$

Er wordt een extra toeslag van 3 dB toegepast voor de dagperiode en 4 dB voor de avondperiode. Voor de avondperiode is deze groter, omdat de niveaus in de avondperiode gemiddeld hoger zijn dan overdag als gevolg van onder andere temperatuursinversie. In $B_{s,avond}$ is de toeslag van 5 dB voor de avondperiode al verwerkt. $N_{periode}$ is in bovenstaande formules het totaal aantal schoten dat in een periode (dag of avond) in een jaar wordt verschoten.

De totale geluidbelasting voor een bepaalde beoordelingsperiode wordt bepaald volgens de formule:

$$B_{s,periode} = 10 \lg \left(\sum_b 10^{B_{s,periode}(b)/10} \right) \quad (6)$$

Als op de schietbaan op minder dan 30 dagen of avonden wordt geschoten, dient op respectievelijk de $B_{s,dag}$ en $B_{s,avond}$ een correctie te worden toegepast. Deze correctie staat in bijlage XVIIIc beschreven.

De dag-avond-nachtwaarde $B_{s,dan}$ wordt bepaald door de geluidbelastingswaarden van de beoordelingsperioden bij elkaar op te tellen, waarbij rekening wordt gehouden met de duur van de verschillende perioden. Hierbij is ervan uitgegaan dat er in de nachtperiode niet wordt geschoten.

$$B_{s,dan} = 10 \lg \left\{ \frac{12}{24} 10^{B_{s,dag}/10} + \frac{4}{24} 10^{B_{s,avond}/10} \right\} \quad (7)$$

Als alleen in de dagperiode wordt geschoten, geldt: $B_{s,dan} = B_{s,dag} - 3 \text{ dB}$.

Verzameling brongegevens

Bronniveaus van wapen-munitiecombinaties kunnen worden betrokken uit de Toelichting op toepassen van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid. Dit kan het bronniveau zijn van een wapencategorie of van een specifieke wapen-munitiecombinatie waaraan eerder metingen zijn verricht. Als nieuwe metingen moeten worden uitgevoerd om het bronniveau te bepalen of als een bronniveau moet worden ingeschat, dient dit te gebeuren conform de methodes die hiervoor zijn beschreven in de Toelichting op toepassen van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid.

De brongegevens van wapens zijn over het algemeen sterk richtingsafhankelijk. Een voor-achter-verhouding van 15 dB voor lichte wapens is niet ongebruikelijk. De richtingsafhankelijkheid van de brongegevens is gedefinieerd in het vlak van de loop van het wapen. Als het wapen in de te modelleren situatie horizontaal wordt gehouden, kan deze richtingsafhankelijkheid rechtstreeks worden toegepast. Als echter met het wapen schuin naar boven wordt geschoten, dient de richtingsafhankelijkheid zoals die in het bronnenbestand staat te worden gecorrigeerd naar de richtingsafhankelijkheid in het horizontale vlak. De richtingsafhankelijkheid in het horizontale vlak is altijd gelijk of minder dan de richtingsafhankelijkheid in het vlak van het wapen. Als bijvoorbeeld in het extreme geval recht naar boven wordt geschoten, moet in alle richtingen de bronsterkte in de 90° emissierichting worden toegepast. Welke elevatiehoeken voor de verschillende typen schietbanen kunnen worden toegepast, staat beschreven in de Toelichting op toepassen van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid. Om de juiste emissierichting te bepalen, dient de volgende correctieformule te worden toegepast als niet horizontaal wordt geschoten:

$$\beta = \arccos(\cos\alpha \times \cos\gamma) = \arccos(\cos\alpha \times \cos\gamma)$$

(8)

waarbij wordt verstaan onder:

β = emissierelevante hoek van de bron;

α = elevatie hoek van het wapen ten opzichte van horizontaal schieten;

γ = hoek tussen schietrichting en lijn van bron naar rekenpunt, beide geprojecteerd op het bodemvlak.

Veelal wordt in rekenprogramma's de richtingsafhankelijkheid van de bronsterkte in sectoren ondergebracht, waarbij binnen een bepaalde sectorhoek de bronsterkte gelijk is. Als de sectorhoeken te groot zijn gekozen en er grote verschillen bestaan tussen de bronniveaus in deze sectorhoeken kunnen onnauwkeurigheden ontstaan. De A-gewogen bronniveaus mogen in aangrenzende sectoren daarom niet meer dan 1 dB schelen. De niveaus in de verschillende emissierichtingen (midden van de sector) kunnen uit de beschikbare brongegevens door lineaire interpolatie worden verkregen.

Afschermende of reflecterende objecten

Bij het invoeren van afschermende/reflecterende objecten wordt met het volgende rekening gehouden:

- Als in een computersimulatiemodel een schietbaan wordt gemodelleerd, is de afschermende werking van de baan al in het bronniveau verwerkt. Deze baan moet daarom niet in het model als afschermend of reflecterend object voor deze bronnen worden ingevoerd. Het kan echter wel voorkomen dat naast elkaar gelegen banen elkaar onderling afschermen of dat het schietgeluid van de ene baan reflecteert tegen een andere baan. Hier moet bij de modellering rekening mee worden gehouden.
- Afscherming van een schermenschietbaan wordt niet apart in rekening gebracht voor schietgeluidbronnen die zich op deze baan bevinden aangezien dit al in de bronsterkte moet zijn opgenomen.
- De berekening van afscherming door andere objecten (dan de eigen baan) moet met de nodige zorgvuldigheid worden uitgevoerd. Zo kan de bronpositie op enige afstand voor het wapen liggen, dus niet aan het einde van de loop maar op enige afstand in het verlengde daarvan. Als hier onvoldoende rekening mee wordt gehouden, kan dit bij de berekening van de afscherming voor onnauwkeurigheden zorgen. Het verdient daarom aanbeveling om de berekening van de afscherming door metingen te valideren als de berekende afscherming groter is dan 10 dB.
- Bijdragen van reflecties tegen objecten, anders dan van de baan waarop wordt geschoten, moeten in principe als aparte bron worden beschouwd, waarvoor deelbijdragen aan de geluidbelasting moeten worden bepaald met aparte toeslagen voor impuls en laagfrequente componenten (zie formule 3). In voorkomende gevallen is dit vaak moeilijk te berekenen aangezien in de bestaande software de bijdragen van reflecties meestal niet apart beschikbaar zijn. Als echter de A-gewogen bijdrage van de reflectie op het rekenpunt $L_{AE}(b)$ kleiner is dan die van het directe geluid dan kan in goede benadering de bijdrage van de reflectie bij het directe niveau worden opgeteld en kan hiervoor één deelbijdrage worden berekend. Als de bijdrage van de reflectie echter groter is (wat meestal alleen het geval is als het directe geluid wordt afgeschermd) dan moet de reflectiebijdrage als aparte bron worden meegenomen.

Rapportage

De eisen aan de rapportage van de berekeningsresultaten van deze eenvoudige methode is gelijk aan de eisen zoals in bijlage XVIIIc zijn beschreven.

BIJLAGE XXXI BIJ ~~ARTIKEL~~ ARTIKEL 9.36 VAN DEZE REGELING (BEMONSTEREN EN ANALYSEREN BIJ HET OP OF IN DE BODEM BRENGEN VAN ZUIVERINGSSLIB

1. Bemonstering van de bodem

In deze bijlage wordt verstaan onder:

homogeen perceel: perceel bouwland of grasland waar zowel het gehalte aan organische stof als het gehalte aan lutum tussen de bodemonsters niet meer verschilt dan 5%-punten;

niet-homogeen perceel: perceel bouwland of grasland waar zowel het gehalte aan organische stof als het gehalte aan lutum tussen de bodemonsters meer verschilt dan 5%-punten.

Bemonsteren van een perceel

Grootte (in ha)	Type perceel	Onderverdeling in deelpercelen met homogene samenstelling	Minimum aantal inzendmonsters	Minimum gewicht inzendmonster (in g)	Bemonsteringsdiepte (in cm)
0 tot 1	Zowel homogeen als niet-homogeen	N.v.t.	1 per perceel	500	25
1 tot 3	Homogeen	N.v.t.	1 per perceel	500	25
1 tot 3	Niet homogeen	Ja	1 per deelperceel	500	25
3 en meer	Niet homogeen	Ja met een ~~deelperceel~~ <u>deelperceel</u> van maximaal 3 ha.	1 per deelperceel	500	25

De monsters worden verzameld met een gutsboor. De gutsboor heeft een diameter van 22 mm en is volledig met grond gevuld.

De monsters worden verzameld in schone opvangvaten of opvangzakken die zijn vervaardigd uit of bekleed met polyethyleen.

Een inzendmonster bestaat uit 40 steken met de gutsboor. Deze worden systematisch genomen door in zig-zag gangen over het perceel te gaan, zodanig dat elk gedeelte van de te bemonsteren oppervlakte een gelijke kans heeft om in het inzendmonster te worden opgenomen. De kanten van het perceel en grove onregelmatigheden in het perceel (slootwallen, diepe greppels, melkplaatsen) worden niet bemonsterd. Op de monsterneming is NEN 5742 van toepassing.

2. Analyse van de bodemonsters

Op het voorbehandelen van het inzendmonster is NEN-EN 16179 van toepassing.

Op de monsterontsluiting voor de analyse op cadmium, chroom, koper, nikkel, lood, zink en arseen is NEN 6961 van toepassing en op de monsteranalyse hiervan is NEN 6965 van toepassing.

Op de monsterontsluiting en op de monsteranalyse op kwik is NEN-ISO 16772 van toepassing.

Op het bepalen van het droge-stofgehalte is NEN-EN 15934 van toepassing.

Op het bepalen van het organische-stofgehalte is NEN 5754 van toepassing.

Op het bepalen van het lutumgehalte is NEN 5753 van toepassing.

BIJLAGE XXXIII BIJ ARTIKEL 12.71b, ONDER A EN B, VAN DEZE REGELING (MEET- EN REKENMETHODE GELUIDBELASTING)

1. Inleiding

De waarden van de geluidsbelasting, L_{den} en L_{night} , worden op de waarneempunten bepaald door berekening volgens de rekenmethode en de gegevens zoals uiteengezet in hoofdstuk 2. Metingen kunnen volgens hoofdstuk 3 worden verricht.

2. Rekenmethode

2.1 Algemene bepalingen

2.1.1 Indicatoren, frequentiebereik en banddefinities

Berekeningen van de geluidsbelasting worden in het frequentiegebied van 63 Hz tot 8 kHz octaafbanden bepaald. De resultaten van de frequentieband worden op het overeenkomstige frequentie-interval verstrekt.

Berekeningen worden voor wegverkeerslawaai, spoorweglawaai en industriellawaai in octaafbanden uitgevoerd, met uitzondering van het geluidsvermogen van de bron van spoorweglawaai, dat van tertsbanden gebruikmaakt. Voor wegverkeerslawaai, spoorweglawaai en industriellawaai wordt, op basis van de resultaten van deze octaafband, het A-gewogen gemiddelde geluidsniveau over lange termijn voor de dag, de avond en nachtperiode, als vastgesteld in bijlage I en bedoeld in artikel 5 van Richtlijn 2002/49/EG, berekend door de methode, beschreven in de punten 2.1.2, 2.2, 2.3, 2.4 en 2.5. Voor het weg- en spoorwegverkeer in agglomeraties wordt het A-gewogen gemiddelde geluidsniveau op lange termijn bepaald op basis van de bijdragen daaraan van de daarin gelegen weg- en spoorwegsegmenten, met inbegrip van de grote wegen en de grote spoorwegen.

$$L_{Aeq,T} = 10 \times \lg \sum_{i=1}^N 10^{(L_{eq,T,i} + A_i)/10} \quad (2.1.1)$$

waarbij

A_i de A-gewogen correctie volgens [NEN-EN-IEC 61672-1](#) aanduidt,
 i de frequentieband-index is,
 T de tijdsperiode is die overeenkomt met dag, avond of nacht.

Geluidsparemeters zijn:

L_p	Niveau van momentane geluidsdruk	[dB] (re. 2×10^{-5} Pa)
$L_{Aeq,T}$	Globaal langdurig geluidsniveau L_{Aeq} als gevolg van alle bronnen en spiegelbronnen op punt R	[dB] (re. 2×10^{-5} Pa)
L_{w}	In situ geluidsvermogensniveau van een puntbron (bewegende of stilstaande)	[dB] (re. 10–12 W)
$L_{w,i}$	Richtingsafhankelijk in situ geluidsvermogensniveau voor de i-de-frequentieband	[dB] (re. 10–12 W)

$L_{p,q} L_{w,q}$	Gemiddelde in situ geluidsvermogensniveau per meter bronlijn	[dB/m] (re. 10–12 W)

Andere fysische parameters zijn:

p_p	Effectieve waarde van de momentane geluidsdruk	[Pa]
p_{p0}	Referentiegeluidsdruk = $2 \cdot 10^{-5}$ Pa	[Pa]
$W_p W_0$	Referentiegeluidsvermogen = 10–12 W	[Watt]

2.1.2 Kwaliteitskader

Nauwkeurigheid van invoerwaarden

Alle invoerwaarden die het emissieniveau van een bron beïnvloeden, worden bepaald met ten minste de nauwkeurigheid die overeenkomt met een onzekerheid van ± 2 dB(A) in het emissieniveau van de bron (waarbij alle andere parameters ongewijzigd blijven).

Gebruik van standaardwaarden

Bij de toepassing van de in dit hoofdstuk weergegeven methode geven de invoergegevens het werkelijke verbruik weer. In principe wordt geen gebruik gemaakt van standaardinvoerwaarden of veronderstellingen. Standaardinvoerwaarden en veronderstellingen worden geaccepteerd indien de verzameling van werkelijke gegevens met onevenredig hoge kosten gepaard gaat.

De kwaliteit van de software die voor de berekeningen wordt gebruikt

Voor de software die voor de berekeningen wordt gebruikt, moet worden bewezen dat aan de hierbij beschreven methode is voldaan, en wel door middel van certificering van resultaten tegen testcases.

2.2 Wegverkeerslawaaï

2.2.1 Bronbeschrijving

Indeling van voertuigen

De bron van wegverkeerslawaaï wordt vastgesteld door de geluidsemissies van alle individuele voertuigen van de verkeersstroom te combineren. Deze voertuigen worden ingedeeld in vier verschillende categorieën met betrekking tot de kenmerken van hun geluidsemissie:

- Categorie 1: Lichte motorvoertuigen
- Categorie 2: Middelzware voertuigen
- Categorie 3: Zware voertuigen
- Categorie 4: Gemotoriseerde tweewielers

Bij gemotoriseerde tweewielers worden twee afzonderlijke subcategorieën gedefinieerd voor bromfietsen en krachtigere motorfietsen, omdat zij in zeer verschillende rij-modi functioneren en hun aantallen meestal sterk uiteenlopen.

Gebruik van de eerste vier categorieën is verplicht. Er wordt rekening gehouden met de mogelijkheid dat in de toekomst nieuwe voertuigen worden ontwikkeld waarvan de geluidsemissies dusdanig anders zijn dat een extra categorie moet worden vastgesteld. Deze categorie kan betrekking hebben op, bijvoorbeeld, elektrische of hybride voertuigen of andere voertuigen die in de toekomst worden ontwikkeld en die wezenlijk verschillen van de voertuigen in de categorieën 1 tot en met 4.

De bijzonderheden van de verschillende voertuigcategorieën worden in tabel 2.2.a vermeld.

Tabel 2.2.a Voertuigklassen

Categorie	Naam		Beschrijving		Voertuigcategorie in EU Goedkeuring van volledige voertuigen ¹
1	Lichte motorvoertuigen		Personenauto's, bestelwagens ≤ 3,5 ton, SUV's ² , MPV's ³ , waaronder aanhangers of caravans		M1 en N1
2	Middelzware voertuigen		Middelzware voertuigen, bestelwagens > 3,5 ton, bussen, campers enz., met twee assen en dubbele banden op de achteras		M2, M3 en N2, N3
3	Zware voertuigen		Zware bedrijfsvoertuigen, touringcars, bussen, met drie of meer assen		M2 en N2 met aanhangwagen, M3 en N3
4	Gemotoriseerde tweewielers		4a	Bromfietsen met twee, drie of vier wielen	L1, L2, L6
			4b	Motorfietsen met of zonder zijspan, drie- wielers en vierwielers	L3, L4, L5, L7

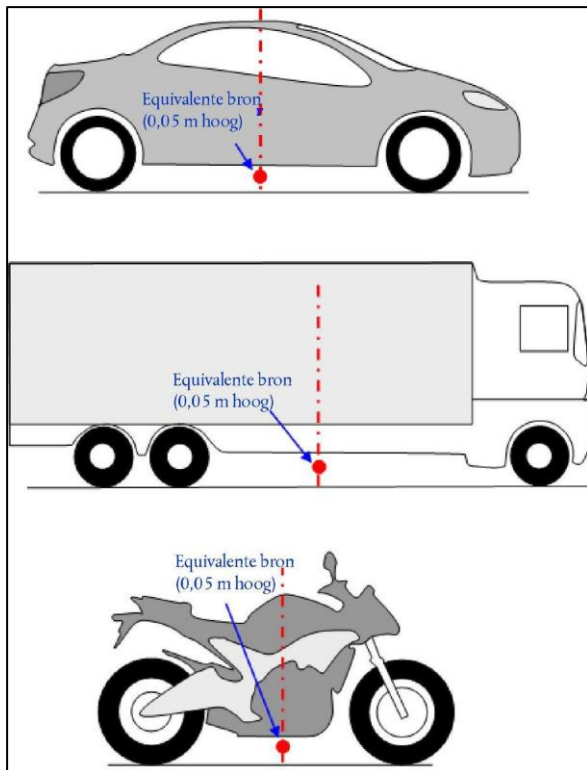
¹ Richtlijn 2007/46/EG van het Europees Parlement en de Raad van 5 september 2007 tot vaststelling van een kader voor de goedkeuring van motorvoertuigen en aanhangwagens daarvan en van systemen, onderdelen en technische eenheden die voor dergelijke voertuigen zijn bestemd (PBEU, 2007, L 263 van 9 oktober 2007).

² Sport Utility Vehicles.

³ Multifunctionele voertuigen.

Aantal en plaats van equivalente geluidsbronnen

In dit model wordt elk voertuig (categorieën 1, 2, 3, 4a en 4b) weergegeven met één enkele puntbron die gelijkmatig afstraalt. De eerste reflectie op het wegdek wordt impliciet behandeld. Zoals afgebeeld in figuur 2.2.a wordt deze puntbron 0,05 m boven het wegdek geplaatst.



Figuur 2.2.a, Locatie van equivalente puntbron op lichte voertuigen (categorie 1), zware voertuigen (categorieën 2 en 3) en tweewielers (categorie 4)

De verkeersstroom wordt door een bronlijn weergegeven. Bij het modelleren van een weg met meerdere rijbanen, wordt elke rijbaan idealiter door een bronlijn in het midden van elke rijbaan weergegeven. Het is echter ook aanvaardbaar om één bronlijn in het midden van een tweebaansweg of één bronlijn per rijbaan in de buitenste baan van meerbaanswegen te modelleren.

2.2.1a Geluidsvermogens emissie

Inleiding

Het geluidsvermogen van de bron wordt in het 'half-vrije veld' gedefinieerd, aldus omvat het geluidsvermogen het effect van de reflectie van de grond onmiddellijk onder de gemodelleerde bron waar zich geen versturende objecten in de onmiddellijke omgeving bevinden, met uitzondering van de reflectie op het wegdek niet onmiddellijk onder de gemodelleerde bron.

Verkeersstroom

De geluidsemissie van een verkeersstroom wordt weergegeven door een bronlijn, gekenmerkt door haar richtingsafhankelijk geluidsvermogen per meter per frequentie. Dit komt overeen met de som van de geluidsemissie van de individuele voertuigen in de verkeersstroom, rekening houdend met de tijd die de voertuigen in het beschouwde wegvak zijn. De uitvoering van het individuele voertuig in de stroom vereist de toepassing van een verkeersstroombelastingmodel. Als een constante verkeersstroom van Q_m voertuigen van categorie m per uur wordt verondersteld, met een gemiddelde snelheid v_m (in km/h), wordt het richtingsafhankelijk geluidsvermogen per meter in de frequentieband i van de bronlijn $L_{W',eq,lijn,i,m}$ bepaald door:

$$L_{W',eq,lijn,i,m} = L_{W,i,m} + 10 \lg \left(\frac{Q_m}{1000 \times v_m} \right) \quad (2.2.1)$$

waarbij $L_{w,i,m}$ het gerichte geluidsvermogen van een enkel voertuig is. $L_{w,i,m}$ wordt uitgedrukt in dB (re. 10^{-12} W/m). Deze geluidsvermogensniveaus worden berekend voor elke octaafband i van 63 Hz tot 8 kHz.

De verkeersstroomgegevens Q_m worden als jaargemiddelde per uur, per tijdsperiode (dag-avond-nacht), per voertuigklasse en per bronlijn uitgedrukt. Voor alle categorieën worden verkeersstroom-invoergegevens afkomstig van verkeerstelling of verkeersmodellen gebruikt.

De snelheid v_m is een representatieve snelheid per voertuigcategorie: in de meeste gevallen is dat de wettelijke maximumsnelheid voor het wegvak of, als dit lager is, de wettelijke maximumsnelheid voor de voertuigcategorie.

Individueel voertuig

Aangenomen wordt dat alle voertuigen van categorie m in de verkeersstroom op dezelfde snelheid rijden, dat wil zeggen v_m .

Een wegvoertuig wordt gemodelleerd door een aantal wiskundige vergelijkingen die de twee belangrijkste bronnen van lawaai weergeven:

1. rolgeluid als gevolg van de wisselwerking tussen band en wegoppervlak;
2. aandrijfgeluid veroorzaakt door de aandrijflijn (motor, uitlaat enz.) van het voertuig.

Aerodynamisch geluid wordt in de bron van het rolgeluid opgenomen.

Voor lichte, middelzware en zware voertuigen (categorieën 1, 2 en 3) komt het totale geluidsvermogen overeen met de energetische som van het rolgeluid en het aandrijfgeluid. Het totale geluidsvermogensniveau van de bronlijnen $m=1, 2$ of 3 wordt dus gedefinieerd door:

$$L_{w,i,m}(v_m) = 10 \lg \left(10^{\frac{L_{WR,i,m}(v_m)}{10}} + 10^{\frac{L_{WP,i,m}(v_m)}{10}} \right) \quad (2.2.2)$$

waarbij $L_{WR,i,m}$ het geluidsvermogensniveau voor rolgeluid en $L_{WP,i,m}$ het geluidsvermogensniveau voor aandrijfgeluid is. Dit geldt voor alle snelheidsbereiken. Voor snelheden minder dan 20 km/h heeft het totale geluidsvermogen voor een voertuig hetzelfde geluidsvermogensniveau als door de formule voor $v_m = 20$ km/h wordt bepaald.

Voor tweewielers (categorie 4) wordt alleen aandrijfgeluid aangemerkt voor de bron:

$$L_{w,i,m=4}(v_{m=4}) = L_{WP,i,m=4}(v_{m=4}) \quad L_{w,i,m=4}(v_{m=4}) = L_{WP,i,m=4}(v_{m=4}) \quad (2.2.3)$$

Dit geldt voor alle snelheidsbereiken. Voor snelheden minder dan 20 km/h heeft het totale geluidsvermogen voor een voertuig hetzelfde geluidsvermogensniveau als door de formule voor $v_m = 20$ km/h wordt bepaald.

2.2.2 Referentieomstandigheden

De bronvergelijkingen en coëfficiënten gelden voor de volgende referentieomstandigheden:

- een constante voertuigsnelheid,
- een vlakke weg,
- een luchttemperatuur van $T_{ref} = 20$ °C,
- een virtueel referentiewegdek, bestaand uit gemiddeld dicht asfaltbeton 0/11 en steenmastiakasfalt 0/11, tussen 2 en 7 jaar oud en in een representatieve onderhoudstoestand,
- een droog wegdek,
- geen spijkerbanden.

2.2.3 Rolgeluid

Algemene vergelijking

Het geluidsvermogensniveau van rolgeluid in de frequentieband i voor een voertuig van categorie m wordt gedefinieerd als:

$$L_{WR,i,m} = A_{R,i,m} + B_{R,i,m} \lg\left(\frac{v_m}{v_{ref}}\right) + \Delta L_{WR,i,m} \quad (2.2.4)$$

De coëfficiënten $A_{R,i,m}$ en $B_{R,i,m}$ worden voor elke voertuigcategorie in octaafbanden en voor een referentiesnelheid $v_{ref} = 70$ km/h gegeven. $\Delta L_{WR,i,m}$ stemt overeen met de som van de correctiecoëfficiënten die worden toegepast op de rolgeluidemissie voor specifieke weg- of voertuigomstandigheden die van de referentieomstandigheden afwijken:

$$\Delta L_{WR,i,m} = \Delta L_{WR,road,i,m} + \Delta L_{WR,acc,i,m} + \Delta L_{W,temp,i,m} \quad (2.2.5)$$

$\Delta L_{WR,road,i,m}$ verdisconteert het effect op het rolgeluid van een wegdek met akoestische eigenschappen die verschillen van die van het virtuele referentiewegdek zoals gedefinieerd in hoofdstuk 2.2.2. Dit omvat zowel het effect op voortplanting als het effect op emissie.

$\Delta L_{WR,acc,i,m}$ verdisconteert het effect op het rolgeluid van een kruising met verkeerslichten of een rotonde. Het integreert het effect van de snelheidsvariatie op de geluidsbelasting.

$\Delta L_{W,temp,i,m}$ is een correctieterm voor een gemiddelde temperatuur T die verschilt van de referentietemperatuur $T_{ref} = 20$ °C.

Effect van luchttemperatuur op rolgeluidcorrectie

De luchttemperatuur heeft invloed op de rolgeluidsemissie; het niveau van het rolgeluidsvermogen neemt af wanneer de luchttemperatuur toeneemt. Dit effect wordt in de wegdekcorrectie ingevoerd. Wegdekcorrecties worden gewoonlijk op een luchttemperatuur van $T_{ref} = 20$ °C beoordeeld. Bij een verschillende jaarlijkse gemiddelde luchttemperatuur T , wordt het wegdekgeluid gecorrigeerd door:

$$\Delta L_{W,temp,m}(T) = K_m (T_{ref} - T) \quad \Delta L_{W,temp,m}(T) = K_m (T_{ref} - T) \quad (2.2.6)$$

De correctieterm is positief (dat wil zeggen lawaai neemt toe) voor temperaturen lager dan 20 °C en negatief (dat wil zeggen lawaai neemt af) voor hogere temperaturen. De coëfficiënt K is afhankelijk van het wegdek en de kenmerken van de band en vertoont in het algemeen enige afhankelijkheid van frequentie. Een algemene coëfficiënt $K_{m=1} = 0,08$ dB/°C voor lichte voertuigen (categorie 1) en $K_{m=2} = K_{m=3} = 0,04$ dB/°C voor zware voertuigen (categorieën 2 en 3) wordt voor alle wegdekken toegepast. De correctiecoëfficiënt wordt in dezelfde mate op alle octaafbanden van 63 tot en met 8 000 Hz toegepast.

2.2.4 Aandrijfgeluid

Algemene vergelijking

De aandrijfgeluidsemissie omvat alle bijdragen van de motor, uitlaat, versnellingen, luchtinlaat enz. Het vermogensniveau van het aandrijfgeluid in de frequentieband i voor een voertuig van categorie m wordt gedefinieerd als:

$$L_{WP,i,m} = A_{P,i,m} + B_{P,i,m} \frac{(v_m - v_{ref})}{v_{ref}} + \Delta L_{WP,i,m} \quad (2.2.7)$$

De coëfficiënten $A_{p,i,m}$ en $B_{p,i,m}$ worden voor elke voertuigcategorie in octaafbanden en voor een referentiesnelheid $v_{ref} = 70$ km/h opgegeven.

$\Delta L_{WP,i,m}$ stemt overeen met de som van de correctiecoëfficiënten die worden toegepast op de aandrijfgeluidsemissie voor specifieke rijomstandigheden of regionale omstandigheden die van de referentieomstandigheden afwijken:

$$\Delta L_{WP,i,m} = \Delta L_{WP,road,i,m} + \Delta L_{WP,grad,i,m} + \Delta L_{WP,acc,i,m} \quad \Delta L_{WP,i,m} = \Delta L_{WP,road,i,m} + \Delta L_{WP,grad,i,m} + \Delta L_{WP,acc,i,m} \quad (2.2.8)$$

$\Delta L_{WP,road,i,m}$ verdisconteert het effect van het wegdek op het aandrijfgeluid via absorptie. De berekening wordt volgens hoofdstuk 2.2.6 verricht.

$\Delta L_{WP,acc,i,m}$ en $\Delta L_{WP,grad,i,m}$ veroorzaken het effect van weghellingen en van versnelling en vertraging van voertuigen op kruispunten. Zij worden in overeenstemming met respectievelijk hoofdstukken 2.2.4 en 2.2.5 berekend.

Effect van weghellingen

De weghelling heeft twee gevolgen voor de geluidsemissie van het voertuig. Ten eerste heeft zij invloed op de voertuigsnelheid en dus op de rol- en aandrijfgeluidsemissies van het voertuig. Ten tweede heeft zij invloed op zowel de motorbelasting als het motortoerental via de keuze van versnelling en dus op de aandrijfgeluidsemissie van het voertuig. Alleen het effect op het aandrijfgeluid wordt in deze sectie in aanmerking genomen, waarbij van een constante snelheid wordt uitgegaan.

Voor $m=1$

$$\Delta L_{WP,grad,i,m=1}(v_m) = \begin{cases} \frac{\text{Min}(12\%;-s)-6\%}{1\%} & \text{voor } s < -6\% \\ 0 & \text{voor } -6\% \leq s \leq 2\% \\ \frac{\text{Min}(12\%;s)-2\%}{1,5\%} \cdot \frac{v_m}{100} & \text{voor } s > 2\% \end{cases} \quad (2.2.9)$$

Voor $m=2$

$$\Delta L_{WP,grad,i,m=2}(v_m) = \begin{cases} \frac{\text{Min}(12\%;-s)-4\%}{0,7\%} \cdot \frac{v_m-20}{100} & \text{voor } s < -4\% \\ 0 & \text{voor } -4\% \leq s \leq 0\% \\ \frac{\text{Min}(12\%;s)}{1\%} \cdot \frac{v_m}{100} & \text{voor } s > 0\% \end{cases} \quad (2.2.10)$$

Voor $m=3$

$$\Delta L_{WP,grad,i,m=3}(v_m) = \begin{cases} \frac{\text{Min}(12\%;-s)-4\%}{0,5\%} \cdot \frac{v_m-10}{100} & \text{voor } s < -4\% \\ 0 & \text{voor } -4\% \leq s \leq 0\% \\ \frac{\text{Min}(12\%;s)}{0,8\%} \cdot \frac{v_m}{100} & \text{voor } s > 0\% \end{cases} \quad (2.2.11)$$

Voor $m=4$

$$\Delta L_{WP,grad,i,m=4} = 0 \quad \Delta L_{WP,grad,i,m=4} = 0 \quad (2.2.12)$$

De correctie $\Delta L_{WP,grad,m}$ houdt impliciet rekening met het effect van de helling op de snelheid.

2.2.5 Effect van de versnelling en vertraging van voertuigen

Voor en na kruispunten met verkeerslichten en rotondes wordt een correctie toegepast voor het effect van versnelling en vertraging zoals hieronder beschreven.

De correctietermen voor rolgeluid, $\Delta L_{WR,acc,m,k}$, en voor aandrijfgeluid, $\Delta L_{WP,acc,m,k}$, zijn lineaire functies van de afstand x (in m) van de puntbron tot het dichtstbijzijnde snijpunt

van de respectieve bronlijn met een andere bronlijn. De correctietermen worden in gelijke mate aan alle octaafbanden toegeschreven:

$$\Delta L_{WR,acc,m,k} = C_{R,m,k} \cdot \text{Max} \left(1 - \frac{|x|}{100}; 0 \right) \quad (2.2.13)$$

$$\Delta L_{WP,acc,m,k} = C_{P,m,k} \cdot \text{Max} \left(1 - \frac{|x|}{100}; 0 \right) \quad (2.2.14)$$

De coëfficiënten $C_{R,m,k}$ en $C_{P,m,k}$ hangen af van de aard van het kruispunt k ($k = 1$ voor een kruispunt met verkeerslichten, $k = 2$ voor een rotonde) en worden voor elke voertuigcategorie vermeld. De correctie omvat het effect van snelheidsverandering bij het naderen of weggrijden van een kruispunt of rotonde.

Opgemerkt wordt dat op een afstand $|x| \geq 100$ m, $\Delta L_{WR,acc,m,k} = \Delta L_{WP,acc,m,k} = 0$.

2.2.6 Effect van het type wegdek

Algemene beginselen

Voor een wegdek met akoestische eigenschappen die afwijken van de akoestische eigenschappen van het referentiewegdek, wordt een spectrale correctieterm voor zowel rolgeluid als aandrijfgeluid toegepast.

De wegdekcorrectieterm voor de rolgeluidsemissie wordt verkregen door:

$$\Delta L_{WR,road,i,m} = \alpha_{i,m} + \beta_m \lg \left(\frac{v_m}{v_{ref}} \right) \quad (2.2.15)$$

waarbij

$\alpha_{i,m}$ de spectrale correctie in dB op referentiesnelheid v_{ref} voor categorie m (1, 2 of 3) en spectrale band i is,
 β_m het effect van de snelheid op de vermindering van het rolgeluid voor categorie m (1, 2 of 3) is, en voor alle frequenties gelijk is.

De wegdekcorrectieterm voor de aandrijfgeluidsemissie wordt verkregen door:

$$\Delta L_{WP,road,i,m} = \min(\alpha_{i,m}; 0) \quad \Delta L_{WP,road,i,m} = \min(\alpha_{i,m}; 0) \quad (2.2.16)$$

Absorberende wegdekken verminderen het aandrijfgeluid, terwijl niet-absorberende oppervlakken het niet vergroten.

Leeftijdseffect op de eigenschappen van het wegdekgeluid

De geluidskenmerken van wegdekken variëren naar gelang de leeftijd en het onderhoudsniveau en worden na verloop van tijd luider. In deze methode worden die wegdekparameters afgeleid die representatief zijn voor de akoestische prestaties van het type wegdek, evenredig verdeeld over de representatieve levensduur en uitgaande van goed onderhoud.

2.2.7 Emissiekentallen wegverkeer

Tabel 2.2.b Coëfficiënten $AR_{i,m}$ en $BR_{i,m}$ voor rolgeluid en $AP_{i,m}$ en $BP_{i,m}$ voor voortstuwingslawaaï

Categorie	Coëfficiënt	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
1	$AR_{i,m}$	83,4	86,8	86,1	92,5	99,8	96,6	85,8	76,2
	$BR_{i,m}$	39,2	37,5	32,2	18,4	24,9	25,8	32,1	35,1
	$AP_{i,m}$	98,0	90,3	89,7	88,3	86,8	89,7	85,1	78,0

	$B_P B_P$	2,8	6,1	5,6	5,4	5,1	3,5	5,3	6,3
2	$A_R A_R$	88,2	91,4	91,0	99,2	100,2	94,3	86,6	82,2
	$B_R B_R$	27,7	23,7	16,6	18,3	28,8	32,6	31,0	28,2
	$A_P A_P$	105,3	99,4	98,5	99,4	101,5	98,6	91,7	84,6
	$B_P B_P$	-2,4	-0,6	-1,0	3,8	5,9	5,0	3,3	1,3
3	$A_R A_R$	90,4	93,2	94,4	104,6	105,3	98,4	89,3	83,8
	$B_R B_R$	30,3	26,9	22,1	26,1	33,7	35,2	35,6	34,0
	$A_P A_P$	107,8	102,2	102,2	104,9	104,6	100,1	93,5	86,7
	$B_P B_P$	0,8	0,3	0,3	5,6	6,2	4,4	3,9	2,3
4a	$A_R A_R$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	$B_R B_R$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	$A_P A_P$	93,0	93,0	93,5	95,3	97,2	100,4	95,8	90,9
	$B_P B_P$	4,2	7,4	9,8	11,6	15,7	18,9	20,3	20,6
4b	$A_R A_R$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	$B_R B_R$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	$A_P A_P$	99,9	101,9	96,7	94,4	95,2	94,7	92,1	88,6
	$B_P B_P$	3,2	5,9	11,9	11,6	11,5	12,6	11,1	12,0

Tabel 2.2.c Coëfficiënten $CR_{m,k}$ en $CP_{m,k}$ voor versnelling en vertraging

Categorie	k	$C_R C_R$	$C_P C_P$
1	1=kruising	-4,5	5,5
	2=rotonde	-4,4	3,1
2	1=kruising	-4,0	9,0
	2=rotonde	-2,3	6,7
3	1=kruising	-4,0	9,0
	2=rotonde	-2,3	6,7
4a/4b	1=kruising	0,0	0,0
	2=rotonde	0,0	0,0

Tabel 2.2.d Wegdekcorrecties

Beschrijving	Minimum snelheid [km/h]	Maximum snelheid [km/h]	Cat e-gor ie	$\alpha_{m\alpha}$ m (63 Hz)	$\alpha_{m\alpha}$ m (12 5 Hz)	$\alpha_{m\alpha}$ m (25 0 Hz)	$\alpha_{m\alpha}$ m (50 0 Hz)	$\alpha_{m\alpha}$ m (1 kHz)	$\alpha_{m\alpha}$ m (2 kHz)	$\alpha_{m\alpha}$ m (4 kHz)	$\alpha_{m\alpha}$ m (8 kHz)	β_m
Referentie-Wegdek	--	--	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1-laags Zoab	50	130	1	0,0	5,4	4,3	4,2	-1,0	-3,2	-2,6	0,8	-6,5
			2	7,9	4,3	5,3	-0,4	-5,2	-4,6	-3,0	-1,4	0,2
			3	9,3	5,0	5,5	-0,4	-5,2	-4,6	-3,0	-1,4	0,2
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Akoestisch geoptimaliseerd 1L ZOAB	50	130	1	-0,7	0,5	1,4	3,7	-5,2	-6,3	-5,9	-4,7	-5,9
			2	-1,2	-0,3	3,6	-0,9	-7,6	-6,0	-5,2	-4,9	-5,5
			3	-1,2	-0,3	3,6	-0,9	-7,6	-6,0	-5,2	-4,9	-5,5
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-laags Zoab	50	130	1	1,6	4,0	0,3	-3,0	-4,0	-6,2	-4,8	-2,0	-3,0
			2	7,3	2,0	-0,3	-5,2	-6,1	-6,0	-4,4	-3,5	4,7
			3	8,3	2,2	-0,4	-5,2	-6,2	-6,1	-4,5	-3,5	4,7
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-laags Zoab (fijn)	80	130	1	-1,0	3,0	-1,5	-5,3	-6,3	-8,5	-5,3	-2,4	-0,1
			2	7,9	0,1	-1,9	-5,9	-6,1	-6,8	-4,9	-3,8	-0,8
			3	9,4	0,2	-1,9	-5,9	-6,1	-6,7	-4,8	-3,8	-0,9

			4a/ 4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SMA-NL5	40	80	1	10, 3	-0,9	0,9	1,8	-1,8	-2,7	-2,0	-1,3	-1,6
			2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			4a/ 4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SMA-NL8	40	80	1	6,0	0,3	0,3	0,0	-0,6	-1,2	-0,7	-0,7	-1,4
			2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			4a/ 4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Akoestisch geoptimaliseer d SMA	40	80	1	6,1	-0,9	-1,1	-0,1	-2,9	-3,2	-3,2	-3,0	-2,2
			2	-3,0	-2,4	-1,6	-2,2	-3,0	-3,0	-3,0	-4,0	-2,3
			3	-3,0	-2,4	-1,6	-2,2	-3,0	-3,0	-3,0	-4,0	-2,3
			4a/ 4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Uitge- borsteld beton	70	120	1	8,2	-0,4	2,8	2,7	2,5	0,8	-0,3	-0,1	1,4
			2	0,3	4,5	2,5	-0,2	-0,1	-0,5	-0,9	-0,8	5,0
			3	0,2	5,3	2,5	-0,2	-0,1	-0,6	-1,0	-0,9	5,5
			4a/ 4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Geoptimalisee rd uitge- borsteld beton	70	80	1	-0,2	-0,7	1,4	1,2	1,1	-1,6	-2,0	-1,8	1,0
			2	-0,7	3,0	-2,0	-1,4	-1,8	-2,7	-2,0	-1,9	-6,6
			3	-0,5	4,2	-1,9	-1,3	-1,7	-2,5	-1,8	-1,8	-6,6
			4a/ 4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fijn gebezemd beton	70	120	1	8,0	-0,7	4,8	2,2	1,2	2,6	1,5	-0,6	7,6
			2	0,2	8,6	7,1	3,2	3,6	3,1	0,7	0,1	3,2
			3	0,1	9,8	7,4	3,2	3,1	2,4	0,4	0,0	2,0
			4a/ 4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oppervlakte bewerking	50	130	1	8,3	2,3	5,1	4,8	4,1	0,1	-1,0	-0,8	-0,3
			2	0,1	6,3	5,8	1,8	-0,6	-2,0	-1,8	-1,6	1,7
			3	0,0	7,4	6,2	1,8	-0,7	-2,1	-1,9	-1,7	1,4
			4a/ 4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Elementen- verharding in keper-verband	30	60	1	27, 0	16, 2	14, 7	6,1	3,0	-1,0	1,2	4,5	2,5
			2	29, 5	20, 0	17, 6	8,0	6,2	-1,0	3,1	5,2	2,5
			3	29, 4	21, 2	18, 2	8,4	5,6	-1,0	3,0	5,8	2,5
			4a/ 4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Elementen- verharding in dwars- verband	30	60	1	31, 4	19, 7	16, 8	8,4	7,2	3,3	7,8	9,1	2,9
			2	34, 0	23, 6	19, 8	10, 5	11, 7	8,2	12, 2	10, 0	2,9
			3	33, 8	24, 7	20, 4	10, 9	10, 9	6,8	12, 0	10, 8	2,9
			4a/ 4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stille elementen- verharding	30	60	1	26, 8	13, 7	11, 9	3,9	-1,8	-5,8	-2,7	0,2	-1,7
			2	9,2	5,7	4,8	2,3	4,4	5,1	5,4	0,9	0,0
			3	9,1	6,6	5,2	2,6	3,9	3,9	5,2	1,1	0,0
			4a/ 4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Dunne deklagen A	40	130	1	10,4	0,7	-0,6	-1,2	-3,0	-4,8	-3,4	-1,4	-2,9
			2	13,8	5,4	3,9	-0,4	-1,8	-2,1	-0,7	-0,2	0,5
			3	14,1	6,1	4,1	-0,4	-1,8	-2,1	-0,7	-0,2	0,3
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dunne deklagen B	40	130	1	6,8	-1,2	-1,2	-0,3	-4,9	-7,0	-4,8	-3,2	-1,8
			2	13,8	5,4	3,9	-0,4	-1,8	-2,1	-0,7	-0,2	0,5
			3	14,1	6,1	4,1	-0,4	-1,8	-2,1	-0,7	-0,2	0,3
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

2.3 Spoorweglawaai

2.3.1 Bronbeschrijving

Indeling van voertuigen

Definitie van voertuig en trein

Ten behoeve van deze berekeningsmethode voor geluidsbelasting wordt een voertuig gedefinieerd als een afzonderlijk deel van een trein (doorgaans een locomotief, zelf-aangedreven rijtuig, getrokken rijtuig of goederenwagon) dat onafhankelijk kan worden verplaatst en van de rest van de trein kan worden losgemaakt. Sommige specifieke omstandigheden kunnen optreden voor delen van een trein die deel uitmaken van een niet-afkoppelbare set, bijvoorbeeld die samen één draaistel delen. Ten behoeve van deze berekeningsmethode worden al deze delen in één voertuig samengebracht. Ten behoeve van deze berekeningsmethode bestaat een trein uit een reeks gekoppelde voertuigen.

Tabel 2.3.a1 definieert een gemeenschappelijke taal voor de beschrijving van de voertuigtypen die in de brondatabank zijn opgenomen. Zij geeft de relevante descriptorren die moeten worden gebruikt om de voertuigen in hun geheel te classificeren. Deze descriptorren stemmen overeen met de eigenschappen van het voertuig die invloed hebben op het akoestische richtingsafhankelijk geluidsvermogen per meter lengte van de equivalente gemodelleerde bronlijn.

Het aantal voertuigen per type wordt vastgesteld op elk van de baanvakken voor elk van de tijdsperioden die in de berekening van geluidsbelasting worden gebruikt. Het wordt uitgedrukt als een gemiddeld aantal voertuigen per uur, dat wordt verkregen door het totaal aantal voertuigen in een bepaalde periode te delen door de duur van deze periode in uren (bijvoorbeeld 24 voertuigen in vier uur betekent 6 voertuigen per uur). Alle voertuigtypen die op elk baanvak rijden, worden gebruikt.

Tabel 2.3.a1 Indeling en descriptorren voor spoorvoertuigen

Cijfer	1	2	3	4
Descriptor	Voertuigtype	Aantal assen per voertuig	Type rem	Wielmaatregel
Verklaring van de descriptor	Een letter die het type beschrijft	Het werkelijk aantal assen	Een letter die het type rem beschrijft	Een letter die het type lawaaiverminderingsmaatregel beschrijft
Mogelijke descriptorren	h hogesnelheidsvoertuig (> 200 km/h)	1	c gietijzeren blok	n geen maatregel
	m zelf-aangedreven reizigersrijtuigen	2	k blok van composiet-	d dempers

			metaal of sintermetaal	
	p getrokken reizigersrijtuigen	3	n niet op het loopvlak remmend, zoals schijf, trommel, magnetisch	s schermen
	c stadstram of lichte metro zelf-aangedreven en niet-zelf-aangedreven rijtuig	4		o overige
	d diesel locomotief	enz		
	e elektrische locomotief			
	a algemeen vrachtvoertuig			
	o andere (dat wil zeggen onderhoudsvoertuigen enz.)			

In Nederland worden als voertuigtypen de voertuigcategorieën toegepast uit bijlage IVf, paragraaf 1.2.1, bij de Omgevingsregeling, waarbij de descriptoren horen zoals aangegeven in tabel 2.3.a2.

Tabel 2.3.a2 Descriptoren van voertuigcategorieën

Cat 1	m4cn
Cat 2	m4cn, p4cn, m4nn, p4nn
Cat 3	m4nn, p4nn, m4kn, p4kn
Cat 4	a4cn
Cat 5	d4cn
Cat 6	d4nn
Cat 7	c6nn
Cat 8	m3nn, p3nn
Cat 9	h3nn, h3kn, h3cn
Cat 10	c3nn
Cat 11	a4kn
Cat 12	M2nn, m3nn

Classificatie van railtypen

De bestaande railtypen kunnen verschillen, omdat verscheidene elementen bijdragen aan hun akoestische eigenschappen en deze karakteriseren. De railtypen die in deze methode worden gebruikt, staan vermeld in onderstaande tabel 2.3.b. Sommige elementen hebben een grote invloed op de akoestische eigenschappen, terwijl andere slechts een bijkomend effect hebben. In het algemeen zijn de meest relevante elementen die de emissie van het spoorweglawaaï beïnvloeden: ruwheid van de railkop, stijfheid van de onderlegplaatjes, spoorbed, voegen en boogstraal. Als alternatief kunnen de algemene eigenschappen van het spoor worden gedefinieerd en in dit geval zijn de ruwheid van de railkop en de mate van afstandsdeмпing volgens ISO 3095 de meest essentiële akoestische parameters, plus de boogstraal.

Een baanvak wordt gedefinieerd als een deel van een enkel spoor, op een spoorlijn, station of depot, waarop de fysieke kenmerken en basiscomponenten van het spoor niet veranderen.

Tabel 2.3.b1 definieert een gemeenschappelijke taal voor de beschrijving van de railtypen die in de brondatabank zijn opgenomen.

Tabel 2.3.b1 Descriptoren voor railtypen

Cijfer	1	2	3	4	5	6

Descriptor	Spoorbed	Ruwheid van de railkop	Type onderleg-plaat	Aanvullende maatregelen	Voegen	Boogstraal
Verklaring van de descriptor	Type spoorbed	Indicator voor ruwheid	Geeft een indicatie van de 'dynamische' stijfheid weer	Een letter die de akoestische inrichting beschrijft	Aanwezigheid van voegen en onderlinge afstand	Geeft de boogstraal aan in m
Toegestane codes	B Ballast	E Goed onderhouden en zeer glad	S Zacht (150-250 MN/m)	N Geen	N Geen	N Recht spoor
	S Betonplaten spoor	M Normaal onderhouden	M Gemiddeld (250 tot 800 MN/m)	D Raildemper	S Enkele voeg of wissel	L Laag (1.000-500 m)
	L Brug volgestort met ballast	N Niet goed onderhouden	H Stijf (800-1000 MN/m)	B Minischarm	D Twee voegen of wissels per 100 m	M Gemiddeld (minder dan 500 m en meer dan 300 m)
	N Brug zonder ballast	B Niet onderhouden en slechte conditie		A Absorberende plaat op betonplaten-spoor	M Meer dan twee voegen of wissels per 100 m	H Hoog (minder dan 300 m)
	T Ingegoten spoor			E Ingegoten spoorstaaf		
	O Overige			O Overige		

In Nederland worden als railtypen de bovenbouwconstructies toegepast uit bijlage IVf, paragraaf 2.2, bij de Omgevingsregeling, waarbij de descriptoren horen zoals aangegeven in tabel 2.3.b2:

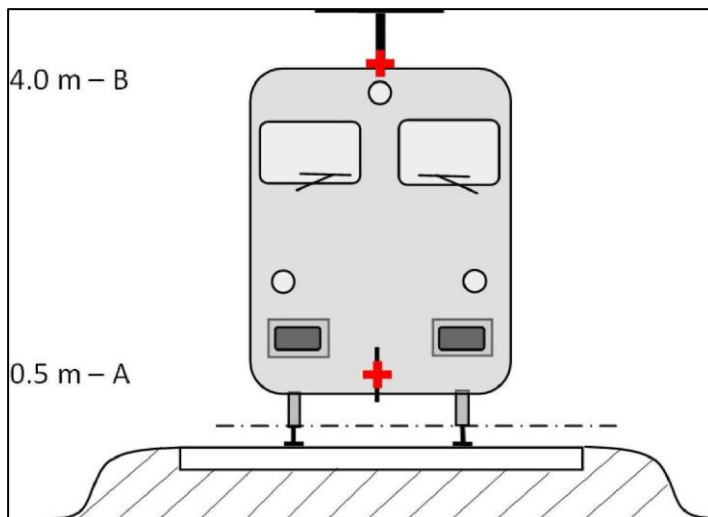
Tabel 2.3.b2 Meest voorkomende descriptorcombinaties per bovenbouwtypen voor doorgaand spoor

bb=1	BMHNNN
bb=2	BMHNNN
bb=3	BMHNSN, BMHNDN
bb=4	SMHNNN
bb=5	BMHNNN
bb=6	SMMNNN/NMMNNN
bb=7	BMMNNN
bb=8	TM_ENN
bb=9	SMHNNN
bb=10	BMHDNN
bb=11	OMHNNN
bb=12	OMHDNN

Tabel 2.3.b2 Meest voorkomende descriptorcombinaties per bovenbouwtypen voor wisseldelen

bb=1	BMHNDL
bb=2	BMHNDL
bb=3	BMHNDL
bb=9	SMHNDL
bb=11	OMHNDL

Aantal en plaats van de equivalente geluidsbronnen



Figuur 2.3.a, Plaats van equivalente geluidsbronnen

De verschillende equivalente geluidsbronlijnen worden op verschillende hoogten en in het midden van het spoor geplaatst. Alle hoogten worden gerekend vanaf de raaklijn van de twee bovenste oppervlakken van de twee spoorstaven.

De equivalente bronnen omvatten verschillende fysieke bronnen (index p). Deze fysieke bronnen zijn onderverdeeld in verschillende categorieën, afhankelijk van het generatiemechanisme, en omvatten: 1) rolgeluid (waaronder niet alleen trillingen van rails en spoorbedding en wielen, maar ook, waar aanwezig, geluid van de wagenbovenbouw van de vrachtvoertuigen), 2) tractiegeluid, 3) aerodynamisch geluid, 4) stootgeluid (van overgangen, wissels en knooppunten), 5) booggeluid en 6) geluid door extra effecten zoals bruggen en viaducten.

1. De wiel- en railkopruwheid genereren langs drie transmissiepaden naar de afstralende oppervlakken (spoorstaven, wielen en bovenbouw), het rolgeluid. Dit wordt toegewezen aan $h = 0,5$ m (afstralende oppervlakken A) om de bijdrage van het spoor weer te geven, waaronder de invloed van het oppervlak van de spoorstaven, vooral betonplatenspoor (in overeenstemming met het voortplantende deel), om de bijdrage van de wielen weer te geven, en om de bijdrage van de wagenbovenbouw van het voertuig aan het geluid weer te geven (in goederentreinen).
2. De equivalente bronhoogten voor tractiegeluid variëren tussen 0,5 m (bron A) en 4,0 m (bron B), afhankelijk van de fysieke plaatsing van de component in kwestie. Bronnen zoals tandwieloverbrengingen en elektromotoren bevinden zich vaak op een ashoogte van 0,5 m (bron A). Louvres en koeleruitlaten kunnen zich op verschillende hoogten bevinden. Motoruitlaten voor diesellocomotieven bevinden zich vaak op een dakhoogte van 4,0 m (bron B). Andere tractiebronnen zoals ventilatoren of dieselmotorblokken kunnen zich op een hoogte van 0,5 m (bron A) of 4,0 m (bron B) bevinden. Als de exacte bronhoogte zich tussen de modelhoogten bevindt, wordt de geluidsenergie proportioneel over de dichtstbijzijnde aangrenzende bronhoogten verdeeld. Om deze reden voorziet de methode twee bronhoogten op 0,5 m (bron A) en 4,0 m (bron B) en wordt het equivalente geluidsvermogen van beide tussen de twee verdeeld, afhankelijk van de specifieke configuratie van de bronnen op het type eenheid.
3. Aerodynamische geluidseffecten houden verband met de bron op 0,5 m (mantels en schermen, bron A) en de bron op 4,0 m (alle inrichtingen op het dak en de stroomafnemer, bron B). De keuze van 4,0 m voor de effecten van de stroomafnemer staat bekend als een eenvoudig model, en moet zorgvuldig worden overwogen als het doel de keuze van een correcte hoogte voor geluidsschermen is.
4. Stootgeluid houdt verband met de bron op 0,5 m (bron A).
5. Booggeluid houdt verband met de bronnen op 0,5 m (bron A).
6. Bruggeluid houdt verband met de bron op 0,5 m (bron A).

2.3.2 Geluidsvermogensmissie

Algemene vergelijking

Individueel voertuig

Het model voor spoorweglawaai, dat analoog is aan wegverkeerslawaai, beschrijft de geluidsvermogensmissie van een specifieke combinatie van voertuigtype en spoortype die aan een aantal eisen voldoet die in de voertuig- en spoorclassificatie zijn beschreven, uitgedrukt in een reeks geluidsvermogens voor elk voertuig ($L_{w,0}$).

Verkeersstroom

De geluidsemissie van een verkeersstroom op elk spoor wordt weergegeven met een set van twee bronlijnen die zijn gekenmerkt door hun gerichte geluidsvermogen per meter per frequentieband. Dit komt overeen met de som van de geluidsemissies als gevolg van de afzonderlijke voertuigen die in de verkeersstroom passeren en houdt, in het specifieke geval van stilstaande voertuigen, rekening met de tijd die de voertuigen in het baanvak in kwestie verblijven.

Het richtingsafhankelijke geluidsvermogen per meter per frequentieband, als gevolg van alle voertuigen die elk baanvak op het spoortype (j) passeren, wordt gedefinieerd:

- voor elke frequentieband (i)
- voor elk gegeven bronhoogte (h) (voor bronnen op 0,5 m $h=1$, op 4,0 m $h=2$), en is de energiesom van alle bijdragen van alle voertuigen die op het specifieke baanvak (j) rijden.

Deze bijdragen zijn:

- van alle voertuigtypen (t)
- op verschillende snelheden (s)
- onder de specifieke rijcondities (constante snelheid) (c)
- voor elk fysiek brontype (rollen, contact, booggeluid, tractie, aerodynamische en overige bronnen, zoals bruggeluid) (p).

Voor de berekening van het gerichte geluidsvermogen per meter (invoer in het voortplantende deel) als gevolg van de gemiddelde mix van verkeer op het baanvak (j), wordt het volgende gebruikt:

$$L_{w',eq,T,dir,i} = 10 \lg \left(\sum_{x=1}^X 10^{L_{w',eq,lijn,x}/10} \right) \quad (2.3.1)$$

waarbij

- T_{ref} de referentieperiode waarvoor het gemiddelde verkeer wordt beschouwd is;
- X het totaal aantal bestaande combinaties van i , t , s , c , p voor elk j -de baanvak is;
- t de index voor voertuigtypen op het j -de baanvak is;
- s de index voor de treinsnelheid is: er zijn net zo veel indexen als het aantal verschillende gemiddelde treinsnelheden op het j -de baanvak;
- c de index voor rijcondities is: 1 (voor constante snelheid), 2 (stationair draaien);
- p de index voor de fysieke brontypen is: 1 (voor rol- en stootgeluid), 2 (booggeluid), 3 (tractiegeluid), 4 (aerodynamisch geluid), 5 (overige bronnen);
- $L_{w',eq,lijn,x}$ x -de richtingsafhankelijke geluidsvermogen is per meter voor een bronlijn van één combinatie van t , s , c , p op elk j -de baanvak.

Als wordt uitgegaan van een constante stroom van Q voertuigen per uur, met een gemiddelde snelheid v , dan is er gemiddeld op elk tijdstip een equivalent aantal Q/v voertuigen per lengte-eenheid van het baanvak. De geluidsemissie van de voertuigstroom uitgedrukt in richtingsafhankelijke geluidsvermogen per meter $L_{w',eq,lijn}$ uitgedrukt in dB/m (re. 10^{-12} W)) wordt geïntegreerd door:

$$L_{w',eq,lijn}(\Psi, \varphi) = L_{w,0,dir,i}(\Psi, \varphi) + 10 \lg \left(\frac{Q}{1000v} \right) \quad (voor \ c = 1) \quad (2.3.2)$$

waarbij

- Q_j het gemiddelde aantal voertuigen per uur op het j-de baanvak voor voertuigtype t_j gemiddelde treinsnelheid s_j en rijconditie c_j is,
- v_j hun snelheid op het j-de baanvak voor voertuigtype t_j en gemiddelde treinsnelheid s_j is,
- $L_{w,0,dir}$ het niveau van het richtingsafhankelijke geluidsvermogen is van het specifieke geluid (rol-, stoot-, boog-, rem-, tractie-, aerodynamisch geluid en geluid van andere bronnen) van een enkel voertuig in de richtingen ψ, φ gedefinieerd met betrekking tot de bewegingsrichting van het voertuig (zie figuur 2.3.b).

Bij een stationaire bron, net als tijdens stationair draaien, wordt ervan uitgegaan dat het voertuig gedurende een totale tijd T_{tote} op een locatie binnen een baanvak met lengte L blijft. Dat betekent dat met T_{ref} als de referentieperiode voor de beoordeling van geluidsbelasting (bijvoorbeeld 12 uur, 4 uur, 8 uur), het richtingsafhankelijk geluidsvermogen per lengte eenheid op dat baanvak wordt bepaald door:

$$L_{w',eq,lijn,i}(\Psi, \varphi) = L_{w,0,dir,i}(\Psi, \varphi) + 10 \lg \left(\frac{T_{idle}}{T_{ref} L} \right) \quad (\text{voor } c = 2) \quad (2.3.3)$$

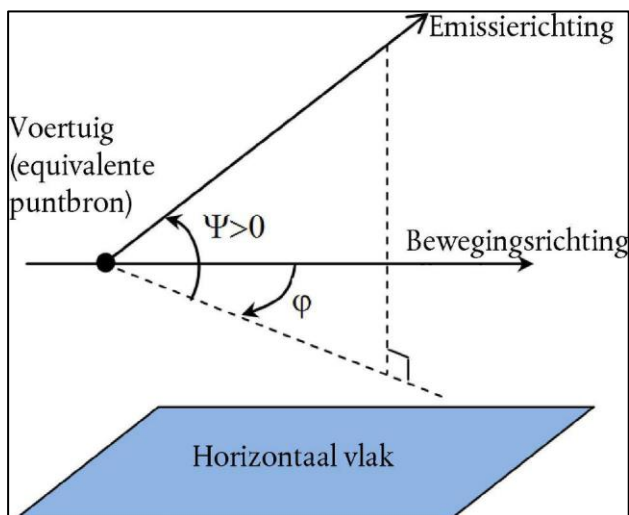
In het algemeen wordt gericht geluidsvermogen uit elke specifieke bron verkregen als:

$$L_{w,0,dir,i}(\Psi, \varphi) = L_{w,0} + \Delta L_{w,dir,vert,i} + \Delta L_{w,dir,hor,i} \quad L_{w,0,dir,i}(\Psi, \varphi) = L_{w,0} + \Delta L_{w,dir,vert,i} + \Delta L_{w,dir,hor,i} \quad (2.3.4)$$

waarbij

$\Delta L_{w,dir,vert,i}$ de correctiefunctie is voor verticaal richteffect (dimensieloos) van Ψ

- (figuur 2.3.b)
- $\Delta L_{w,dir,hor,i}$ de correctiefunctie is voor horizontaal richteffect (dimensieloos) van φ (figuur 2.3.b)
- $L_{w,0,dir,i}(\Psi, \varphi)$, afgeleid in 1/3-octaaftanden, wordt uitgedrukt in octaaftanden door elke bijbehorende 1/3-octaaftand energetisch in de overeenkomstige octaaftand toe te voegen.



Figuur 2.3.b, Geometrische definitie

Ten behoeve van de berekeningen wordt de bronsterkte vervolgens specifiek uitgedrukt in richtingsafhankelijk geluidsvermogen per 1 m spoorlengte $L_{w,tot,dir,i}$ om het richteffect van de bronnen in hun verticale en horizontale richting in aanmerking te nemen door middel van aanvullende correcties.

Verscheidene $L_{w,0,dir,i}(\Psi, \varphi)$ worden voor elke combinatie van voertuig-spoor-snelheid-rijconditie beschouwd:

- voor een 1/3-octaaftbandfrequentie (f_i),
- voor elk baanvak (j),
- bronhoogte (h) (voor bronnen op 0,5 m $h = 1$, op 4,0 m $h = 2$),
- richteffect (d) van de bron.

Een reeks $L_{w,0,dir,i}(\psi,\varphi)$ wordt beschouwd voor elke combinatie van voertuig-spoor-snelheid-rijconditie, elk baanvak, de hoogten die met $h = 1$ en $h = 2$ overeenstemmen, en het richteffect.

Rolgeluid

De bijdragen van het voertuig en het spoor aan rolgeluid worden in vier essentiële elementen verdeeld: wielruwheid, railruwheid, voertuigoverdrachtsfunctie naar de wielen en de wagenbovenbouw (voertuigen) en de spooroverdrachtsfunctie. Wiel- en railruwheid geven de oorzaak van de excitatie van de trilling op het contactpunt tussen rail en wiel weer. De overdrachtsfuncties zijn twee empirische of gemodelleerde functies die alle complexe verschijnselen van de generatie van mechanische trilling en geluid op de oppervlakken van de wielen, rails, dwarsliggers en onderbouw van het spoor weergeven. Deze verdeling stemt overeen met het fysieke bewijs dat ruwheid op een rail de trilling van de rail kan exciteren, maar ook de trilling van het wiel zal exciteren en omgekeerd. Het niet opnemen van een van deze vier parameters zou het ontkoppelen van de classificatie van sporen en treinen verhinderen.

Wiel en railruwheid

Rolgeluid wordt voornamelijk door de rail- en wielruwheid in het golflengtegebied van 5-500 mm geëxciteerd.

Definitie

Het ruwheidsniveau L_r wordt gedefinieerd als tienmaal de logaritme met grondgetal 10 van de kwadratisch gemiddelde waarde r^2 van de ruwheid van het loopvlak van een rail of wiel in de bewegingsrichting (longitudinaal niveau), gemeten in μm over een bepaalde railengte of de gehele wieldiameter, gedeeld door het kwadraat van de referentiewaarde r_0^2 :

$$L_r = 10 \lg \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \quad \text{dB} \quad (2.3.5)$$

waarbij

$$r_0 = 1 \mu\text{m}$$

r = kwadratisch gemiddelde van het verschil van de verticale verplaatsing van het contactoppervlak naar het gemiddelde niveau.

Het ruwheidsniveau L_r wordt gewoonlijk verkregen als een spectrum van golflengte λ en wordt geconverteerd naar een frequentiespectrum $f = v/\lambda$, waarbij f de middenfrequentie van een bepaalde 1/3-octaaftband in Hz, λ de golflengte in m, en v de treinsnelheid in m/s is. Het ruwheidsspectrum als een functie van frequentie verschuift langs de frequentie-as voor verschillende snelheden. In algemene gevallen dienen na conversie naar het frequentiespectrum door middel van de snelheid, nieuwe waarden voor 1/3-octaaftbandspectra te worden verkregen met gemiddelden die tussen twee overeenstemmende 1/3-octaaftbanden in het golflengtedomein liggen. Om het frequentiespectrum van de totale effectieve ruwheid te schatten dat met de relevante treinsnelheid overeenkomt, wordt het gemiddelde van de twee overeenkomstige, in het golflengtedomein gedefinieerde, 1/3-octaaftbanden energetisch en proportioneel berekend.

De railruwheid (ruwheid van de kant van het spoor) voor het golfgetal (i) wordt gedefinieerd als

$$L_{r,rr,i}$$

Overeenkomstig wordt de wielruwheid (ruwheid van de kant van het voertuig) voor het golfgetal (i) gedefinieerd als $L_{r,vh,i}$

De totale en effectieve ruwheid voor golfgetal i ($L_{R,TOT,i}$) wordt gedefinieerd als de energetische som van de ruwheid van de rail en die van het wiel, vermeerderd met het $A_3(\lambda)$ - $A_3(\lambda)$ contactfilter om de filterende werking van de contactplaats tussen de spoorstaaf en het wiel in aanmerking te nemen, en is in dB:

$$L_{R,TOT,i} = 10 \lg \left(10^{\frac{L_{R,TR,i}}{10}} + 10^{\frac{L_{R,VEH,i}}{10}} \right) + A_{3,1} \quad (2.3.6)$$

waar het wordt uitgedrukt als een functie van het i -de golfgetal dat overeenkomt met de golflengte λ . Het contactfilter is afhankelijk van het rail- en wieltype en de belasting. De totale effectieve ruwheid voor het j -de baanvak en elk t -de voertuigtype op de overeenkomstige snelheid v , wordt in de methode gebruikt.

Overdrachtsfunctie van voertuig, spoor en wagenbovenbouw

Drie snelheidsonafhankelijke overdrachtsfuncties, $L_{H,TR,i}$, $L_{H,VEH,i}$ en $L_{H,VEH,SUP,i}$, worden gedefinieerd: de eerste voor elk j -de baanvak en de twee volgende voor elk t -de voertuigtype. Zij relateren de totale effectieve ruwheid aan het geluidsvermogen van respectievelijk het spoor, de wielen en de wagenbovenbouw.

De bijdrage van de wagenbovenbouw wordt alleen voor goederenwagens in aanmerking genomen, dus alleen voor voertuigtype 'a'.

Daardoor worden voor rolgeluid de bijdragen van het spoor en van het voertuig volledig beschreven door deze overdrachtsfuncties en de totale effectieve ruwheid. Bij stationair draaien van een trein wordt rolgeluid uitgesloten.

Voor geluidsvermogen per voertuig wordt het rolgeluid op ashoogte berekend, en heeft dit als invoer de totale effectieve ruwheid $L_{R,TOT,i}$ als functie van de voertuigsnelheid v , de overdrachtsfuncties van het spoor, het voertuig en de wagenbovenbouw $L_{H,TR,i}$, $L_{H,VEH,i}$ en $L_{H,VEH,SUP,i}$, en het totale aantal assen N_a :

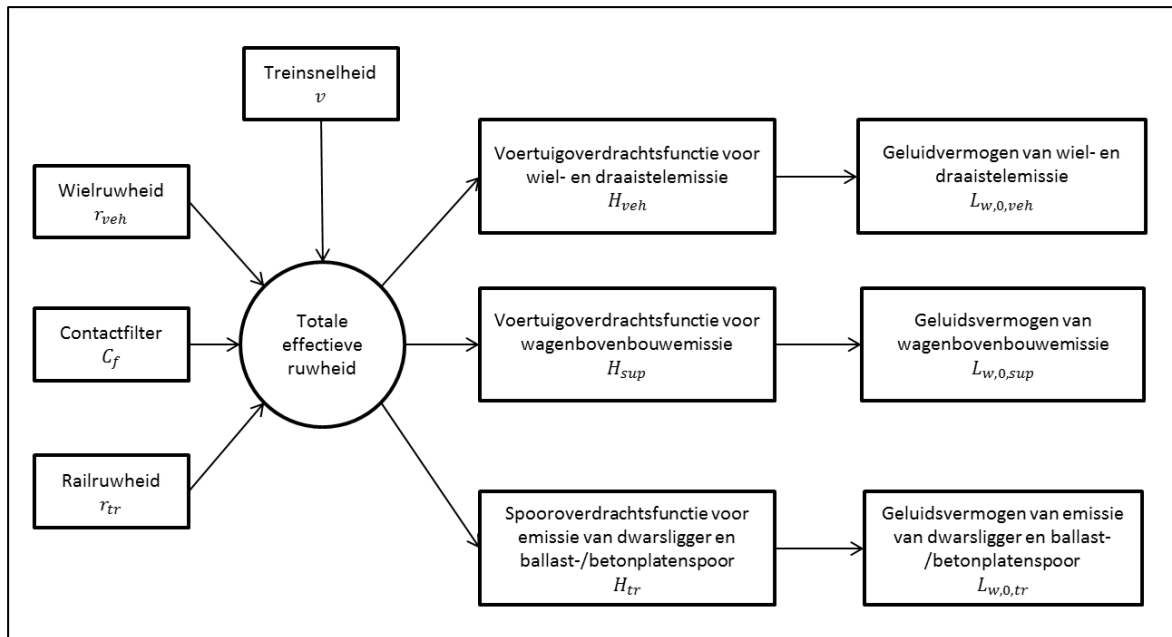
voor $h=1$:

$$L_{W,0,TR,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,TR,i} + 10 \lg(N_a) \quad L_{W,0,TR,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,TR,i} + 10 \lg(N_a) \quad (2.3.7)$$

$$L_{W,0,VEH,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,VEH,i} + 10 \lg(N_a) \quad L_{W,0,VEH,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,VEH,i} + 10 \lg(N_a) \quad (2.3.8)$$

$$L_{W,0,VEH,SUP,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,VEH,SUP,i} + 10 \lg(N_a) \quad L_{W,0,VEH,SUP,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,VEH,SUP,i} + 10 \lg(N_a) \quad (2.3.9)$$

waarbij N_a het aantal assen per voertuig voor het t -de voertuigtype is.



Figuur 2.3.c, Regeling van het gebruik van de verschillende definities van ruwheid en overdrachtsfunctie

Een minimumsnelheid van 50 km/h (30 km/h alleen voor trams en lichte metro) wordt gebruikt om de totale effectieve ruwheid en dus het geluidsvermogen van de voertuigen te bepalen (deze snelheid heeft geen invloed op de berekening van de voertuigstroom) ter compensatie van de potentiële fout als gevolg van de vereenvoudiging van de definitie van rolgeluid, van remgeluid en van stootgeluid van overgangen en wissels.

Stootgeluid (overgangen, wissels en knooppunten)

Stootgeluid kan worden veroorzaakt door overgangen, wissels en voegen of puntstukken. Het kan variëren in grootte en kan rolgeluid overheersen. Stootgeluid wordt voor sporen met uitzetvoegen in aanmerking genomen. Voor stootgeluid door wissels, overgangen en voegen in baanvakken op een snelheid van minder dan 50 km/h (30 km/h voor trams en lichte metro) wordt modellering vermeden, omdat de minimumsnelheid van 50 km/h (30 km/h voor trams en lichte metro) wordt gebruikt om meer effecten op te nemen in overeenstemming met de beschrijving van het hoofdstuk over rolgeluid. Daarnaast wordt modellering van stootgeluid ook onder rijconditie $\epsilon = 2$ (stationair draaien) vermeden.

Stootgeluid wordt in de term rolgeluid opgenomen door een aanvullende fictieve contactruwheid (energetisch) toe te voegen aan de totale effectieve ruwheid op elk specifiek j -de baanvak waar dit aanwezig is. In dit geval wordt een nieuw $L_{R,TOT+IMPACT,i}$ in plaats van $L_{R,TOT,i}$ gebruikt en wordt dan:

$$L_{R,TOT+IMPACT,i} = 10 \lg \left(10^{L_{R,TOT,i}/10} + 10^{L_{R,IMPACT,i}/10} \right) \quad (2.3.10)$$

$L_{R,IMPACT,i}$ is een 1/3-octaaftandspectrum (als een functie van frequentie). Om dit frequentiespectrum te verkrijgen, wordt een spectrum als een functie van golflengte λ gegeven en naar het gewenste spectrum als een functie van frequentie geconverteerd met behulp van de verhouding $\lambda = v/f$, waarbij f de middenfrequentie van de 1/3-octaaftand in Hz en v de s-de voertuigsnelheid van het t-de voertuigtype in m/s is.

Stootgeluid hangt af van het aantal en de hardheid van de contacten per lengte-eenheid of voegdichtheid, dus in het geval waar meerdere contacten worden gegeven, wordt de impactruwheid die in de bovenstaande vergelijking wordt gebruikt als volgt berekend:

$$L_{R,IMPACT,i} = L_{R,IMPACT-SINGLE,i} + 10 \lg \left(\frac{n_i}{0,01} \right) \quad (2.3.11)$$

waarbij $L_{R,IMPACT-SINGLE,t}$ $L_{R,IMPACT-SINGLE,i}$ de contactruwheid zoals gegeven voor een enkel contact is en $n_t n_i$ de lasdichtheid is.

Het standaardniveau van contactruwheid wordt voor een voegdichtheid $n_t n_i = 0,01 \text{ m}^{-1}$ gegeven, ofwel één voeg per elke 100 m spoor. Situaties met verschillende aantallen voegen worden benaderd door de dichtheid van het aantal lassen $n_t n_i$ aan te passen. Opgemerkt wordt dat bij de modellering van de spoorligging en segmentatie, de dichtheid van het aantal voegen in aanmerking wordt genomen, dat wil zeggen het kan nodig zijn om een afzonderlijk bronsegment voor een stuk spoor met meer voegen te gebruiken. De $L_{w,0}$ van de bijdragen van het spoor, wiel/draaistel en de wagenbovenbouw wordt door middel van de $L_{R,IMPACT,t}$ $L_{R,IMPACT,i}$ voor +/- 50 m vóór en na de spoorstaafas verhoogd. Bij een reeks voegen wordt de verhoging uitgebreid naar tussen - 50 m vóór de eerste voeg en + 50 m na de laatste voeg.

De toepasbaarheid van deze geluidsvermogensspectra wordt normaliter ter plaatse gecontroleerd. Voor gelaste sporen wordt een standaard nl van 0,01 gebruikt.

Booggeluid

Booggeluid is een bijzondere bron die alleen relevant is voor bogen en is daarom een lokaal effect. Booggeluid hangt in het algemeen af van boogkromming, wrijvingscondities, treinsnelheid, rail-wielgeometrie en -dynamiek. Omdat het aanzienlijk kan zijn, is een passende beschrijving vereist. Op locaties waar booggeluid optreedt, meestal in bogen en wisselbogen (in afbuigende richting bereden), moeten geschikte spectra voor overtollig geluidsvermogen worden toegevoegd aan het bronvermogen. De geluidtoeslag kan specifiek zijn voor elk type rollend materieel, aangezien bepaalde wiel- en draaisteltypen aanzienlijk minder gevoelig zijn voor booggeluid dan andere. Als er metingen van de geluidtoeslag beschikbaar zijn die voldoende rekening houden met het stochastische karakter van het booggeluid, kunnen deze worden gebruikt.

Als er geen geschikte metingen beschikbaar zijn, kan een eenvoudige benadering worden gevolgd. Bij deze benadering wordt het booggeluid in aanmerking genomen door de volgende toeslagen aan de geluidsvermogensspectra van rolgeluid voor alle frequenties toe te voegen.

Tabel 2.3.b2 Meest voorkomende descriptorcombinaties per bovenbouwtypen voor wisseldelen

Trein	5 dB voor bogen met $300 \text{ m} < R \leq 500 \text{ m}$ en $l_{\text{track}} \geq 50 \text{ m}$ 8 dB voor bogen met $R \leq 300 \text{ m}$ en $l_{\text{track}} \geq 50 \text{ m}$ 8 dB voor wisselbogen met $R \leq 300 \text{ m}$ 0 dB anders
Tram	5 dB voor bogen en wisselbogen met $R \leq 200 \text{ m}$ 0 dB anders

Waarbij l_{track} de lengte van het spoor langs de boog is en R de straal van de boog.

De toepasbaarheid van deze geluidsvermogensspectra of overtollige waarden wordt normaal gesproken ter plaatse gecontroleerd, met name voor trams en voor locaties waar bogen of wisselbogen worden behandeld met maatregelen tegen booggeluid.

Tractiegeluid

Hoewel tractiegeluid in het algemeen eigen is aan elke kenmerkende bedrijfsconditie, waaronder constante snelheid, vertragen, versnellen en stationair draaien, zijn de enige twee gemodelleerde condities constante snelheid (dat geldt ook wanneer de trein vertraagt of versnelt) en stationair draaien. De gemodelleerde bronsterkte komt alleen overeen met maximale belasting en dit leidt tot de hoeveelheden $L_{w,0,const,t} = L_{w,0,station,t}$ $L_{w,0,const,i} = L_{w,0,idling,i}$. Bovendien stemt $L_{w,0,station,t}$ $L_{w,0,idling,i}$ overeen met de bijdrage van alle fysieke bronnen van een bepaald voertuig die toe te schrijven is aan een bepaalde hoogte, zoals beschreven in 2.3.1.

$L_{w,0,station,t}$ $L_{w,0,idling,i}$ wordt uitgedrukt als een statische geluidsbron bij stationair draaien voor de duur van de stationaire toestand, en wordt gebruikt als een model van een vaste puntbron zoals

beschreven in het volgende hoofdstuk over industrielawaai. Dit wordt alleen in aanmerking genomen indien treinen langer dan 0,5 uur stationair draaien.

Deze hoeveelheden kunnen van metingen van alle bronnen bij elke bedrijfsconditie worden verkregen, of de gedeeltelijke bronnen kunnen afzonderlijk worden aangemerkt om hun parameterafhankelijkheid en de relatieve sterkte te bepalen. Dit kan door middel van metingen op een stationair voertuig worden gedaan door assnelheden van de tractie-uitrusting te variëren, in navolging van ISO 3095:2005. Voor zover relevant moeten meerdere tractiegeluidsbronnen worden gekenmerkt die mogelijk niet alle van de treinsnelheid afhankelijk zijn:

- geluid van de aandrijflijn, zoals dieselmotoren (waaronder inlaat, uitlaat en motorblok), tandwieltransmissie, elektrische generatoren, grotendeels afhankelijk van het toerental van de motor (omw./min.), en elektrische bronnen zoals omvormers, die voornamelijk van de lading afhankelijk kunnen zijn;
- geluid van ventilatoren en koelsystemen, afhankelijk van het toerental van de ventilator. In sommige gevallen kunnen ventilatoren rechtstreeks aan de aandrijflijn worden gekoppeld;
- periodieke bronnen zoals compressoren, kleppen en andere met een karakteristieke bedrijfsduur en overeenkomstige bedrijfscycluscorrectie voor de geluidsemissie.

Omdat elk van deze bronnen zich bij elke bedrijfsconditie anders kan gedragen, wordt het tractiegeluid dienovereenkomstig gespecificeerd. De bronsterkte wordt verkregen van metingen onder gecontroleerde omstandigheden. In het algemeen vertonen locomotieven meer variatie in belasting, omdat het aantal voertuigen dat wordt getrokken, en daardoor het uitgangsvermogen, aanzienlijk kan variëren, terwijl de vaste treinsamenstellingen zoals met elektrische motoren aangedreven meervoudige eenheden (EMU's), dieseltreinstellen (DMU's) en hogesnelheidstreinen een beter gedefinieerde belasting hebben.

Er is geen a priori toewijzing van het brongeluidsvermogen aan de bronhoogte, en deze keuze hangt af van de beoordeling van het specifieke geluid en specifieke voertuig. Het wordt gemodelleerd om zich op bron A ($h = 1$) en bron B ($h = 2$) te bevinden.

Aerodynamisch geluid

Aerodynamisch geluid is alleen relevant op hoge snelheden van meer dan 200 km/h. Daarom moet eerst worden nagegaan of het voor de toepassingsdoeleinden werkelijk noodzakelijk is. Als de functies rolgeluid, ruwheid en overdracht bekend zijn, kan het naar hogere snelheden worden geëxtrapoleerd en kan een vergelijking worden gemaakt met bestaande gegevens van hogesnelheidslijnen om na te gaan of aerodynamisch geluid hogere niveaus oplevert. Als de treinsnelheden op een netwerk hoger dan 200 km/h maar niet meer dan 250 km/h zijn, is het in sommige gevallen niet nodig om aerodynamisch geluid ook op te nemen, afhankelijk van het voertuigontwerp.

De bijdrage van aerodynamisch geluid wordt gegeven als een functie van snelheid:

$$L_{W,0,i} = L_{W,0,1,i}(v_0) + \alpha_{1,i} \lg\left(\frac{v}{v_0}\right) \quad \text{voor } h = 1 \quad (2.3.12)$$

$$L_{W,0,i} = L_{W,0,2,i}(v_0) + \alpha_{2,i} \lg\left(\frac{v}{v_0}\right) \quad \text{voor } h = 2 \quad (2.3.13)$$

waarbij

$v_{0,20}$ een snelheid is waarop aerodynamisch geluid dominant is en op 300 km/h is vastgesteld

$L_{W,0,1,i}$ een referentiegeluidsvermogen is dat wordt bepaald op basis van twee of meer meetpunten voor bronnen op een bekende bronhoogte, bijvoorbeeld op het eerste draaistel

$L_{W,0,2,i}$ een referentiegeluidsvermogen is dat wordt bepaald op basis van twee of meer meetpunten voor bronnen op een bekende bronhoogte, bijvoorbeeld de hoogte van de uitsparing van de stroomafnemer

$\alpha_{1,i}$ een coëfficiënt is die wordt bepaald op basis van twee of meer meetpunten voor bronnen op een bekende bronhoogte, bijvoorbeeld op het eerste draaistel

$\alpha_{2,i}$ een coëfficiënt is die wordt bepaald op basis van twee of meer meetpunten voor bronnen op een bekende bronhoogte, bijvoorbeeld de hoogte van de uitsparing van de stroomafnemer.

Richteffect van de bron

Het horizontale richteffect $\Delta L_{W,dir,hor,i}$ in dB wordt in het horizontale vlak gegeven en kan als standaard worden aangenomen een dipool te zijn voor rolgeluid, stootgeluid (voegen enz.), booggeluid, remmen, ventilatoren en aerodynamische effecten, en wordt voor elke i -de frequentieband als volgt berekend:

$$\Delta L_{W,dir,hor,i} = 10 \lg(0,01 + 0,99 * \sin^2 \varphi) - \Delta L_{W,dir,hor,i} = 10 \lg(0,01 + 0,99 * \sin^2 \varphi) \quad (2.3.14)$$

Bruggeluid wordt gemodelleerd bij bron A ($h=1$), waarbij wordt uitgegaan van omni-directionaliteit.

Het verticale richteffect $\Delta L_{W,dir,ver,i}$ in dB wordt in het verticale vlak gegeven voor bron A ($h=1$), als een functie van de middenfrequentie $f_{c,i}$ van elke i -de frequentieband, en ψ

voor $0 < \psi < \pi/2$ is

$$\Delta L_{W,dir,ver,i} = \left(\left[\frac{40}{3} \sin^2(2 * \psi) - \sin(\psi) \right] \lg \left[\frac{f_{c,i} + 600}{200} \right] \right) \quad (2.3.15)$$

voor $-\pi/2 < \psi < 0$ is $\Delta L_{W,dir,ver,i} - \Delta L_{W,dir,ver,i} = 0$

Voor bron ($h=2$) voor het aerodynamisch effect:

$$\Delta L_{W,dir,ver,i} = 10 \lg(\cos^2(\psi)) \quad \text{voor } \psi < 0 \quad \Delta L_{W,dir,ver,i} = 10 \lg(\cos^2(\psi)) \quad \text{voor } \psi < 0 \quad (2.3.16)$$

$$\Delta L_{W,dir,ver,i} - \Delta L_{W,dir,ver,i} = 0 \quad \text{elders}$$

Richteffect $\Delta L_{W,dir,ver,i}$ wordt niet in aanmerking genomen voor bron B ($h=2$) voor overige geluidbronnen, omdat voor deze bronnen in deze positie omnidirectionaliteit wordt aangenomen.

2.3.3 Aanvullende effecten

Correctie voor geluid van kunstwerken (bruggen en viaducten)

In het geval dat het baanvak zich op een brug bevindt, is het noodzakelijk om het extra geluid dat wordt geproduceerd door de trilling van de brug als gevolg van de excitatie die door de aanwezigheid van de trein wordt veroorzaakt, in aanmerking te nemen. Het bruggeluid is gemodelleerd als een extra bron waarvan het geluidsvermogen per voertuig wordt verkregen door

$$\Delta L_{W,0,bridge,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,bridge,i} + 10 \lg(N_a) - \Delta L_{W,0,bridge,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,bridge,i} + 10 \lg(N_a) \quad (2.3.17)$$

waarbij $L_{H,bridge,i}$ de brugoverdrachtsfunctie is. Het bruggeluid $\Delta L_{W,0,bridge,i}$ vertegenwoordigt alleen het geluid dat door de structuur van de brug wordt uitgestraald. Het rolgeluid van een voertuig op de brug wordt berekend met behulp van de formules 2.3.8 tot en met 2.3.10, door de spooroverdrachtsfunctie te kiezen die overeenkomt met het spoorsysteem dat op de brug aanwezig is. Er wordt over het algemeen geen rekening gehouden met geluidschermen of obstakels aan de randen van de brug.

Correctie voor andere spoorgerelateerde geluidsbronnen

Diverse bronnen zoals opslagplaatsen, laad- en losplaatsen, stations, bellen, stationsluidsprekers enz., kunnen aanwezig zijn en houden verband met het spoorgeluid. Deze bronnen worden als bronnen van industrielaawaai (vaste geluidsbronnen) behandeld en, indien van toepassing, overeenkomstig het volgende hoofdstuk over industrielaawaai gemodelleerd.

2.3.4 Emissies

Tabel 2.3c Terminologie

Parameter	Parameters
Spooroverdrachtsfunctie	$L_{H,TR}$
Voertuigoverdrachtsfunctie	$L_{H,VEH}$
Wagenopbouw-overdrachtsfunctie	$L_{H,VEH,SUP}$
Brugoverdrachtsfunctie	$L_{H,bridge}$
Tractiegeluid	$L_{W,0,idling}$
Aerodynamisch geluid	$e_{1,1}, L_{W,0,1}, e_{2,2}, L_{W,0,2}$
Railruwheid	$L_{r,TR}$
Wielruwheid	$L_{r,VEH}$
Stootgeluid (voegruiheid)	$L_{R,IMPACT, nl}$
Contactfilter	A_3

Tabel 1.3d Spooroverdrachtsfuncties $L_{H,TR}$ hoofd- en metrospoorwegen

Frequentie [Hz]	bb=1 'mono medium'	bb=2	bb=3	bb=4	bb=5	bb=6	bb=7	bb=8	bb=9	bb=10	bb=11*	bb=12*
50	50,9	69,6	neem 'mono Medium' en pas 'Impact Noise' toe. Zie Tabel 2.3e voor de nl waarde en zie Tabel 2.3.h voor de voegruiheid 'NL'.	80,2	80,2	75,4	80,2	78,8	81,5	50,9	50,9	50,9
63	57,8	71,7		82,1	82,1	77,4	82,1	80,7	83,4	57,8	57,8	57,8
80	66,5	75,9		86,0	86,0	81,4	86,0	84,7	87,3	66,5	66,5	66,5
100	76,8	81,0		92,2	92,2	87,1	81,0	87,1	83,5	76,8	76,8	76,8
125	80,9	83,2		92,8	92,8	88,0	83,2	88,0	85,1	80,9	80,9	80,9
160	83,3	85,3		94,4	94,4	89,7	85,3	89,7	87,0	83,3	83,3	83,3
200	85,8	87,6		95,4	96,5	83,4	85,8	90,6	87,6	83,4	85,8	83,8
250	90,0	91,8		99,6	100,7	87,7	90,0	94,8	91,8	87,7	90,0	88,0
315	91,6	93,2		100,4	101,5	89,8	91,6	95,8	93,2	89,8	91,6	89,6
400	93,9	99,8		105,0	104,0	97,5	93,9	100,8	98,7	90,0	100,9	97,9
500	95,6	101,2		106,3	105,3	99,0	95,6	102,2	100,1	91,0	102,6	99,6
630	97,4	103,0		108,1	107,1	100,8	97,4	104,0	101,9	92,0	104,4	101,4
800	101,7	103,9		110,1	103,9	104,9	101,7	103,9	109,1	94,0	108,7	106,7
1.000	104,4	106,6		112,8	106,6	111,8	104,4	106,6	111,8	96,0	111,4	109,4
1.250	106,0	108,4		114,9	108,4	113,9	106,0	108,4	113,9	97,0	113,0	111,0
1.600	106,8	108,3		113,3	108,3	115,5	106,8	108,3	117,6	97,0	109,8	101,8
2.000	108,3	110,4		116,1	110,4	114,9	108,3	110,4	120,7	98,0	111,3	103,3
2.500	108,9	112,5		119,6	112,5	118,2	108,9	112,5	124,4	98,0	111,9	103,9
3.150	109,1	112,7		118,3	112,7	118,3	109,1	109,1	119,7	97,0	111,1	106,1
4.000	109,4	112,8		118,4	112,8	118,4	109,4	109,4	119,8	96,0	111,4	106,4
5.000	109,9	113,3		118,9	113,3	118,9	109,9	109,9	120,3	95,0	111,9	106,9
6.300	109,9	113,4		109,9	113,4	117,5	109,9	109,9	113,4	94,7	109,9	105,9
8.000	110,3	113,8		110,3	113,8	117,9	110,3	110,3	113,8	95,1	110,3	106,3
10.000	111,0	114,5		111,0	114,5	118,6	111,0	111,0	114,5	95,8	111,0	107,0

Tabel 2.3.e Stootgeluid vanwege voegen

Bb	m	Spoor	LR,IMPACT	nl
<>3	1	Voegloos	Leeg	0,01 (of n.v.t.)
3	2	Voegenspoor (1 per 30 m)	'NL' (Tabel 2.3.h Tabel)	0,033
3	3	intern-voegloos wissel (1/lengte)	'NL' (Tabel Tabel Tabel-2.3.h)	1/wissellengte

Bb	m	Spoor	LR,IMPACT	nl
3	4	niet-voegloos wissel (3/lengte)	'NL' (Tabel ~~Tabel~~ Tabel 2.3.h)	3/wissellengte

Tabel 2.3.f Spooroverdrachtsfuncties $L_{H,TR}$ tramspoorwegen

Frequentie [Hz]	In ballast 'duo medium'	Grasbaan	In asfalt	Trambaan-platen	In klinkers met Ortec klemplaat
50	50,0	83,4	76,9	82,5	77,2
63	56,1	85,3	78,8	84,5	79,1
80	64,1	89,2	82,7	88,3	83,0
100	72,5	88,4	74,8	84,8	85,4
125	75,8	87,8	73,6	84,4	84,9
160	79,1	89,1	77,9	85,9	86,4
200	83,6	87,9	88,3	85,5	83,6
250	88,7	92,3	92,7	90,2	88,7
315	89,6	93,4	93,8	91,2	89,6
400	89,7	95,9	87,4	90,5	84,2
500	90,6	97,2	87,9	91,5	83,3
630	93,8	98,5	92,5	94,3	91,2
800	100,6	104,4	106,0	105,5	101,2
1.000	104,7	108,3	109,9	109,4	105,2
1.250	106,3	109,9	111,5	111,0	106,8
1.600	107,1	107,8	109,2	108,1	106,4
2.000	108,8	109,6	111,0	109,9	108,0
2.500	109,3	110,2	111,8	110,6	108,3
3.150	109,4	96,0	107,5	106,6	105,0
4.000	109,7	98,4	106,8	105,2	100,9
5.000	110,0	98,8	107,0	105,3	100,4
6.300	109,8	98,8	96,1	106,2	97,7
8.000	110,0	99,1	96,4	106,2	98,0
10.000	110,5	99,7	97,0	106,6	98,6

Bodemfactor

Voor de G_s -waarde in de in deze bijlage opgenomen rekenmethode geldt een modelleervoorschrift. De gebruiker van de rekensoftware moet de bodemfactor kiezen die bij de afleiding van de Nederlandse bovenbouwcorrectie gebruikt is. Deze is in tabel 2.3.g opgenomen.

Tabel 2.3.g Bodemfactor G_s voor hoofdspoorwegen, metrospoor en tramspoor

Bovenbouw	G_s	Bovenbouw	G_s
bb=1	1	bb=10	1
bb=2	1	bb=11	1
bb=3	1	bb=12	1
bb=4	0	Tramspoor:	
bb=5	1	in ballast	1
bb=6	0	Grasbaan	1
bb=7	1	in asfalt	0
bb=8	0	Tramplaten	0
bb=9	0	in klinkers	0

Ruwheid

In tabel 2.3.h zijn de railruwheid $L_{r,TR}$, de voegruwheid voor stootgeluid $L_{R,IMPACT}$ en de relevante contactfilters A_3 opgenomen.

Tabel 2.3.h Railruwheid, voegruwheid (stootgeluid), contactfilters

Golflengte [mm]	$L_{r,TRI}$	$L_{r,IMPACTI}$ 'NL'	A3 '100 kN 920 mm'	A3 '50 kN 680 mm'
2.000	35,0	22,0	0,0	0,0
1.600	31,0	22,0	0,0	0,0
1.250	28,0	22,0	0,0	0,0
1.000	25,0	22,0	0,0	0,0
800	23,0	22,0	0,0	0,0
630	20,0	20,0	0,0	0,0
500	17,0	16,0	0,0	0,0
400	13,5	15,0	0,0	0,0
315	10,5	14,0	0,0	0,0
250	9,0	15,0	0,0	0,0
200	6,5	14,0	0,0	0,0
160	5,5	12,0	-0,1	0,0
125	5,0	11,0	-0,2	0,0
100	3,5	10,0	-0,3	-0,1
80	2,0	9,0	-0,6	-0,2
63	0,1	8,0	-1,0	-0,3
50	-0,2	6,0	-1,8	-0,7
40	-0,3	3,0	-3,2	-1,2
31,5	-0,8	2,0	-5,4	-2,0
25	-3,0	-3,0	-8,7	-4,1
20	-5,0	-8,0	-12,2	-6,0
16	-7,0	-13,0	-16,7	-9,2
12,5	-8,0	-17,0	-17,7	-13,8
10	-9,0	-19,0	-17,8	-17,2
8	-10,0	-22,0	-20,7	-17,7
6,3	-12,0	-25,0	-22,1	-18,6
5	-13,0	-26,0	-22,8	-21,5
4	-14,0	-32,0	-24,0	-22,3
3,15	-15,0	-35,0	-24,5	-23,1
2,5	-16,0	-40,0	-24,7	-24,4
2	-17,0	-43,0	-27,0	-24,5
1,6	-18,0	-45,0	-27,8	-25,0
1,25	-19,0	-47,0	-28,6	-28,0
1	-19,0	-49,0	-29,4	-28,8
0,8	-19,0	-50,0	-30,2	-29,6

Bruggeluid

De brugoverdrachtsfunctie $L_{H,bridge}$ en spooroverdrachtsfunctie $L_{H,TR}$ die voor een stalen spoorbrug worden gehanteerd, hangen enkel af van de voor die spoorbrug vastgestelde toeslagwaarden in de 500 Hz en 1.000 Hz octaafband. De voor spoorvoertuigcategorie 8 vastgestelde waarden in die octaafbanden worden daartoe rekenkundig gemiddeld en afgerond op een geheel getal.

Tabel 2.3.i.1 Geluidsemissie bij betonnen en stalen bruggen

Afgerond gemiddelde van de toeslag in de 500 Hz en 1.000 Hz octaafband	Spooroverdrachtsfunctie van Tabel 2.3.d	Brugoverdrachtsfunctie volgens spectrumnummer sn van Tabel 2.3.i2
0 dB of minder	bb=1	sn=1
1 dB	bb=1	sn=2
2 dB	bb=1	sn=3
3 dB	bb=1	sn=4
4 dB	bb=1	sn=5
5 dB	bb=1	sn=6
6 dB	bb=8	sn=4
7 dB	bb=8	sn=5
8 dB	bb=8	sn=6
9 dB	bb=6	sn=5
10 dB	bb=6	sn=7

Afgerond gemiddelde van de toeslag in de 500 Hz en 1.000 Hz octaafband	Spooroverdrachtsfunctie van Tabel 2.3.d	Brugoverdrachtsfunctie volgens spectrumnummer sn van Tabel 2.3.i2
11 dB	bb=6	sn=8
12 dB of meer	bb=6	sn=9

Tabel 2.3.i.2 Brugoverdrachtsfuncties $L_{Hbridge}$

Frequentie [Hz]	sn=1	sn=2	sn=3	sn=4	sn=5	sn=6	sn=7	sn=8	sn=9
50	76,2	78,2	80,2	82,2	83,2	84,2	85,2	87,2	89,2
3	78,1	80,1	82,1	84,1	85,1	86,1	87,1	89,1	91,1
80	82,0	84,0	86,0	88,0	89,0	90,0	91,0	93,0	95,0
100	85,0	87,0	89,0	91,0	92,0	93,0	94,0	96,0	98,0
125	85,4	87,4	89,4	91,4	92,4	93,4	94,4	96,4	98,4
160	87,0	89,0	91,0	93,0	94,0	95,0	96,0	98,0	100,0
200	83,5	85,5	87,5	89,5	90,5	91,5	92,5	94,5	96,5
315	88,4	90,4	92,4	94,4	95,4	96,4	97,4	99,4	101,4
400	90,4	92,4	94,4	96,4	97,4	98,4	99,4	101,4	103,4
500	91,7	93,7	95,7	97,7	98,7	99,7	100,7	102,7	104,7
630	93,5	95,5	97,5	99,5	100,5	101,5	102,5	104,5	106,5
800	98,1	100,1	102,1	104,1	105,1	106,1	107,1	109,1	111,1
1.000	100,8	102,8	104,8	106,8	107,8	108,8	109,8	111,8	113,8
1.250	103,0	105,0	107,0	109,0	110,0	111,0	112,0	114,0	116,0
1.600	98,2	100,2	102,2	104,2	105,2	106,2	107,2	109,2	111,2
2.000	97,8	99,8	101,8	103,8	104,8	105,8	106,8	108,8	110,8
2.500	98,3	100,3	102,3	104,3	105,3	106,3	107,3	109,3	111,3
3.150	90,3	92,3	94,3	96,3	97,3	98,3	99,3	101,3	103,3
4.000	82,4	84,4	86,4	88,4	89,4	90,4	91,4	93,4	95,4
5.000	77,9	79,9	81,9	83,9	84,9	85,9	86,9	88,9	90,9
6.300	70,7	72,7	74,7	76,7	77,7	78,7	79,7	81,7	83,7
8.000	66,1	68,1	70,1	72,1	73,1	74,1	75,1	77,1	79,1
10.000	61,8	63,8	65,8	67,8	68,8	69,8	70,8	72,8	74,8

Voor betonnen bruggen wordt de brugoverdrachtsfunctie van sn=1 gebruikt in combinatie met de spooroverdrachtsfunctie horende bij bovenbouw die op de brug aanwezig is.

Tabel 2.3.j Overzichtstabel parameterwaarden per voertuigtype

Voertuigtype	Voertuiglengte	Na/voertuig	LH,VEH	LW,0,idling	A3	Lr,VEH
Cat 1	26	4	'920 mm'	'cat1 A'	'100 kN 920 mm'	De wielruwheid is voor elke categorie apart bepaald. De parameterwaarden staan in tabel 2.3.m
Cat 2	26,6	4	'920 mm'	nvt	'100 kN 920 mm'	
Cat 3	26,1	4	'920 mm'	'cat3 A'	'100 kN 920 mm'	
Cat 4	15	4	'920 mm'	nvt	'100 kN 920 mm'	
Cat 5	15	4	'920 mm'	'cat5 AB'	'100 kN 920 mm'	
Cat 6	26,2	4	'920 mm'	'cat6 AB'	'100 kN 920 mm'	
Cat 7	30	6	'680 mm'	nvt	'50 kN 680 mm'	
Cat 8	27	4	'920 mm'	'cat8 A'	'100 kN 920 mm'	
Cat 9*	199	25	'920 mm'	'cat9 AB'	'100 kN 920 mm'	
Cat 10	15	3	'A32'	'cat10 A'	'50 kN 680 mm'	
Cat 11	15	4	'920 mm'	nvt	'100 kN 920 mm'	

Voertuigtype	Voertuiglengte	Na/voertuig	LH,VEH	LW,0,idling	A3	Lr,VEH
Cat 12	19,2	2,6	'840 mm'	'cat12 I A'	'100 kN 920 mm'	
Trams	29	6	'680 mm'	nvt	'50 kN 680 mm'	

* Enkel voor cat. 9 zijn ook aerodynamische bronvermogens beschikbaar: zie tabel 2.3.n

Tabel 2.3.k Voertuigoverdrachtsfuncties LH,VEH

Frequentie [Hz]	'920 mm'	'840 mm'	'680 mm'	'A32'
50	75,4	75,4	75,4	62,7
63	77,3	77,3	77,3	67,6
80	81,1	81,1	81,1	70,6
100	84,1	84,1	84,1	80,4
125	83,3	82,8	82,8	84,4
160	84,3	83,3	83,3	89,0
200	86,0	84,1	83,9	87,9
250	90,1	86,9	86,3	87,7
315	89,8	87,9	88,0	81,4
400	89,0	89,9	92,2	77,6
500	88,8	90,9	93,9	85,6
630	90,4	91,5	92,5	89,1
800	92,4	91,5	90,9	90,9
1.000	94,9	93,0	90,4	96,1
1.250	100,4	98,7	93,2	98,0
1.600	104,6	101,6	93,5	108,0
2.000	109,6	107,6	99,6	112,0
2.500	114,9	111,9	104,9	113,0
3.150	115,0	114,5	108,0	105,0
4.000	115,0	114,5	111,0	107,0
5.000	115,5	115,0	111,5	103,0
6.300	115,6	115,1	111,6	99,9
8.000	116,0	115,5	112,0	100,3
10.000	116,7	116,2	112,7	101,0

Tabel 2.3.l Tractiegeluid $L_{w,0,idling}$ per categorie

Frequentie [Hz]	'cat1 A'		'cat3 A'		'cat5 AB'		'cat6 AB'		'cat8 A'		'cat9 AB'		'cat10 A'		'cat 12 A'	
50	0,0	0	0,0	0	109,0	109,0	0,0	0,0	99,6	0	98,0	98,0	0,0	0	0	0
63	0,0	0	0,0	0	109,0	109,0	0,0	0,0	99,6	0	98,0	98,0	0,0	0	0	0
80	0,0	0	0,0	0	109,0	109,0	0,0	0,0	99,6	0	98,0	98,0	0,0	0	0	0
100	0,0	0	97,0	0	95,0	95,0	93,1	93,1	86,6	0	98,0	98,0	95,7	0	100,6	0
125	0,0	0	97,0	0	95,0	95,0	93,1	93,1	86,6	0	98,0	98,0	95,7	0	100,6	0
160	0,0	0	97,0	0	95,0	95,0	93,1	93,1	86,6	0	98,0	98,0	95,7	0	100,6	0
200	98,1	0	107,0	0	103,0	103,0	103,1	103,1	95,6	0	101,0	98,7	0,0	0	86,6	0
250	98,1	0	107,0	0	103,0	103,0	103,1	103,1	95,6	0	101,0	98,7	0,0	0	86,6	0
316	98,1	0	107,0	0	103,0	103,0	103,1	103,1	95,6	0	101,0	98,7	0,0	0	86,6	0
400	0,0	0	0,0	0	103,0	103,0	0,0	0,0	101,6	0	106,0	103,7	0,0	0	98,6	0
500	0,0	0	0,0	0	103,0	103,0	0,0	0,0	101,6	0	106,0	103,7	0,0	0	98,6	0
630	0,0	0	0,0	0	103,0	103,0	0,0	0,0	101,6	0	106,0	103,7	0,0	0	98,6	0

Frequentie [Hz]	'cat1 A'		'cat3 A'		'cat5 AB'		'cat6 AB'		'cat8 A'		'cat9 AB'		'cat10 A'		'cat 12 A'	
800	0,0	0	0,0	0	94,0	94,0	0,0	0,0	96,6	0	104,0	101,7	0,0	0	0	0
1.000	0,0	0	0,0	0	94,0	94,0	0,0	0,0	96,6	0	104,0	101,7	0,0	0	0	0
1.250	0,0	0	0,0	0	94,0	94,0	0,0	0,0	96,6	0	104,0	101,7	0,0	0	0	0
1.600	0,0	0	0,0	0	96,0	96,0	0,0	0,0	0,0	0	94,0	91,7	0,0	0	0	0
2.000	0,0	0	0,0	0	96,0	96,0	0,0	0,0	0,0	0	94,0	91,7	0,0	0	0	0
2.500	0,0	0	0,0	0	96,0	96,0	0,0	0,0	0,0	0	94,0	91,7	0,0	0	0	0
3.160	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	95,0	92,7	0,0	0	0	0
4.000	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	95,0	92,7	0,0	0	0	0
5.000	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	95,0	92,7	0,0	0	0	0
6.350	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	92,0	89,7	0,0	0	0	0
8.000	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	92,0	89,7	0,0	0	0	0
10.000	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	92,0	89,7	0,0	0	0	0

Tabel 2.3.m Wielruwheid $L_{r,VEH}$ per voertuigtype

Golflengte [mm]	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5	Cat 6	Cat 7	Cat 8	Cat 9	Cat 10	Cat 11	Cat 12	Tram s
2.000	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	29,9	24,8	25,1	24,8	24,8	24,0	12,3
1.600	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	29,9	24,8	25,1	24,8	24,8	24,0	12,3
1.250	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	28,5	24,8	22,1	24,8	24,8	24,0	12,3
1.000	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	27,6	24,8	20,0	24,8	24,8	24,0	12,3
800	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	27,2	24,8	19,0	24,8	24,8	24,0	12,3
630	23,3	23,3	23,3	24,7	24,7	23,3	25,4	23,3	14,0	24,0	23,3	24,0	12,3
500	14,7	21,7	14,7	17,0	17,0	14,7	19,7	14,7	9,0	14,0	14,7	22,0	12,3
400	11,0	17,6	14,0	11,0	11,0	12,4	16,9	9,7	7,0	11,0	9,7	20,0	12,3
315	10,0	14,6	12,0	10,0	10,0	9,4	13,2	6,7	1,4	10,0	15,9	21,0	12,3
250	7,0	13,7	11,0	10,0	10,0	6,7	9,1	6,7	3,1	8,0	16,3	17,0	12,3
200	6,0	14,3	11,0	8,0	8,0	7,4	8,4	5,4	5,4	6,0	13,0	14,0	12,9
160	5,2	14,6	10,1	9,1	9,1	9,7	8,9	8,3	6,6	4,0	13,0	12,0	10,9
125	8,3	14,7	9,3	12,2	12,2	7,1	6,1	8,6	6,4	2,0	12,0	11,0	8,0
100	7,4	15,0	4,9	13,3	13,3	4,9	7,0	8,4	4,6	-3,4	9,4	10,0	5,2
80	5,6	14,3	6,2	12,2	12,2	6,2	6,5	6,5	5,6	-4,7	8,5	9,0	1,4
63	6,5	13,8	4,7	10,6	10,6	4,7	3,6	7,5	6,5	-6,4	5,3	8,0	-1,7
50	7,6	10,4	4,6	10,4	9,6	4,7	-0,4	4,7	0,9	-6,9	4,7	0,0	-3,9
40	8,2	10,9	5,1	8,6	7,2	5,1	-0,9	4,4	1,8	-6,5	0,9	-6,0	-6,1
31,5	8,9	8,9	1,3	8,9	8,0	1,3	-0,9	1,2	3,5	-7,2	1,3	-8,0	-7,2
25	10,1	10,5	3,9	9,2	9,2	3,9	0,1	2,3	3,8	-6,2	3,1	-2,0	-6,2
20	11,3	12,3	4,7	8,4	8,4	4,7	0,5	4,7	3,9	-7,3	2,2	-2,0	-7,6
16	12,3	12,3	7,6	12,3	12,3	7,6	0,5	5,4	4,1	-7,6	3,3	5,0	-7,8
12,5	7,6	6,6	5,5	8,4	8,4	5,5	2,1	1,2	2,3	-6,2	5,7	1,0	-6,2
10	3,5	5,3	4,7	4,4	4,4	4,7	5,6	-1,3	0,3	-4,6	3,5	-2,0	-4,7
8	4,6	4,3	4,6	5,2	5,2	4,6	0,9	-1,8	-0,2	-5,6	2,4	-2,0	-5,7
6,3	-0,2	-0,2	0,8	2,7	2,7	0,8	-0,1	-2,9	0,3	-7,6	1,9	-1,0	-7,8
5	-1,5	-1,5	0,7	0,4	0,4	0,7	2,0	-5,3	-1,5	-8,1	-1,3	-2,0	-8,3
4	-5,6	-5,6	-0,2	-4,1	-0,8	-0,2	-1,4	-7,1	-4,1	-8,0	-4,1	-6,0	-8,2
3,15	-7,2	-8,4	-2,8	-5,7	-2,4	-2,8	-2,6	-9,3	-6,0	-8,8	-5,7	-5,0	-8,8
2,5	-12,1	-11,6	-7,9	-9,1	-6,0	-7,9	-2,3	-11,7	-6,8	-9,0	-9,1	-5,0	-8,9
2	-11,4	-9,8	-7,5	-9,1	-5,6	-7,5	-4,2	-11,0	-5,3	-11,1	-9,1	-7,0	-11,0
1,6	-12,5	-9,8	-7,6	-10,3	-6,7	-7,6	-5,8	-12,5	-5,4	-12,6	-10,3	-10,0	-12,6
1,25	-13,5	-10,5	-8,1	-11,6	-8,0	-8,1	-4,1	-13,9	-5,9	-11,2	-11,6	-13,0	-11,4
1	-13,8	-10,8	-8,3	-12,4	-9,8	-8,3	-4,3	-14,7	-6,1	-11,5	-12,4	-15,0	-11,6
0,8	-13,9	-10,9	-8,4	-12,5	-11,3	-8,4	-4,5	-15,2	-6,2	-11,7	-12,5	-15,0	-11,9

Tabel 2.3.n Aerodynamisch geluid $L_{w,0}$ voor voertuigtype categorie 9

Frequentie [Hz]	'Cat9 aero' LW,0,1 LW,0,2	
alpha	50	50

Frequentie [Hz]	'Cat9 aero' LW,0,1 LW,0,2	

50	135,0	129,0
63	135,0	129,0
80	135,0	129,0
100	128,0	122,0
125	128,0	122,0
160	128,0	122,0
200	127,0	121,0
250	127,0	121,0
315	127,0	121,0
400	125,5	119,5
500	125,5	119,5
630	125,5	119,5

800	125,5	119,5
1.000	125,5	119,5
1.250	125,5	119,5
1.600	128,0	125,0
2.000	128,0	125,0
2.500	128,0	125,0
3.150	123,0	117,0
4.000	123,0	117,0
5.000	123,0	117,0
6.300	119,0	113,0
8.000	119,0	113,0
10.000	119,0	113,0

2.4 Industrielawaai

2.4.1 Bronbeschrijving

Classificatie van brontypen (punt, lijn, diffuus)

De afmetingen van de industriebronnen zijn zeer uiteenlopend. Ze kunnen zowel grote industriële fabrieken als kleine geconcentreerde bronnen zijn, zoals klein gereedschap of fabrieksmachines. Daarom moet voor de specifieke ter beoordeling voorliggende bron een relevante modelleringstechniek worden gebruikt. Afhankelijk van de omvang en de wijze waarop verschillende individuele bronnen zich over een gebied uitstrekken, waarbij elke bron tot hetzelfde industrieterrein behoort, kunnen deze als puntbronnen, bronlijnen of diffuse bronnen worden gemodelleerd. In de praktijk worden de berekeningen van het geluidseffect altijd op puntbronnen gebaseerd, maar verschillende puntbronnen kunnen worden gebruikt om een bijzonder complexe bron weer te geven, die zich hoofdzakelijk over een lijn of gebied uitstrekt.

Aantal en plaats van equivalente geluidsbronnen

De werkelijke geluidsbronnen worden gemodelleerd door middel van equivalente geluidsbronnen die door een of meer puntbronnen worden weergegeven zodat het totale geluidsvermogen van de werkelijke bron overeenkomt met de som van de individuele geluidsvermogens die toe te schrijven zijn aan de verschillende puntbronnen.

De algemene regels die bij de bepaling van het aantal te gebruiken puntbronnen worden toegepast, zijn:

- lijn- of oppervlaktebronnen waarvan de grootste diameter minder dan de helft van de afstand tussen de bron en het waarneempunt is, kunnen als individuele puntbronnen worden gemodelleerd;
- bronnen waarvan de grootste afmeting meer dan de helft van de afstand tussen de bron en het waarneempunt is, moeten als een reeks incoherente puntbronnen in een lijn of als een reeks incoherente puntbronnen over een gebied worden gemodelleerd, zodanig dat voor elk van deze bronnen aan de voorwaarde van de halve afstand wordt voldaan. De verdeling over een gebied kan een verticale verdeling van puntbronnen omvatten;
- voor bronnen waarvan de grootste hoogteafmetingen meer dan 2 m bedragen of die vlakbij de grond zijn, moet bijzondere aandacht aan de hoogte van de bron worden besteed. Verdubbeling van het aantal bronnen, door ze alleen in de z-component te herverdelen, leidt niet noodzakelijkerwijs tot aanzienlijk betere resultaten voor deze bron;
- voor elke bron geldt dat een verdubbeling van het aantal bronnen over het brongebied (in alle dimensies) niet noodzakelijkerwijs tot aanzienlijk betere resultaten leidt.

Een vaste positie van de equivalente geluidsbronnen is niet mogelijk, gezien het grote aantal configuraties dat een industrieterrein kan hebben. Goede praktijken zijn normaliter van toepassing.

Geluidsvermogens emissie

Algemeen

De volgende informatie omvat de volledige reeks invoergegevens voor berekeningen van geluidsvoortplanting met de methoden die voor geluidskartering worden gebruikt:

- uitgestraald geluidsvermogenspectrum in octaafbanden,
- bedrijfstijden (overdag, 's avonds, 's nachts, op basis van jaarlijks gemiddelde),
- locatie (coördinaten x, y) en hoogte (z) van de geluidsbron,
- soort bron (punt, lijn, diffuus),
- afmetingen en oriëntatie,
- bedrijfscondities van de bron,
- richteffect van de bron.

Het geluidsvermogen van de puntbron en diffuse bron moet worden gedefinieerd als:

- voor een puntbron, geluidsvermogen L_{pp} en richteffect als een functie van de drie orthogonale coördinaten (x,y,z),
- voor een diffuse bron, geluidsvermogen per vierkante meter L_w/m^2 , en geen richteffect (kan horizontaal of verticaal zijn).

Het geluidsvermogen van twee typen bronlijnen moet worden gedefinieerd als:

- bronlijnen die transportbanden, pijpleidingen enz., weergeven, geluidsvermogen per meter lengte L_{pp} en richteffect als een functie van de twee orthogonale coördinaten op de as van de bronlijn,
- Bronlijnen die rijdende voertuigen weergeven, worden berekend volgens formule 2.2.1.

De invoer van de bedrijfsuren is essentieel voor de berekening van geluidsniveaus. De bedrijfsuren worden voor de dag-, avond- en nachtperiode gegeven en, als de voortplanting afwijkende meteorologische categorieën gebruikt die tijdens elke dag-, nacht- en avondperiode zijn gedefinieerd, wordt een verfijnde verdeling van de bedrijfsuren gegeven in deelperioden die congrueren met de verdeling van meteorologische categorieën. Deze informatie berust op een jaarlijks gemiddelde.

De correctie voor de bedrijfsuren, die aan het brongeluidsvermogen wordt toegevoegd om het gecorrigeerde geluidsvermogen te bepalen dat voor de berekeningen over elke tijdsperiode C_w in dB wordt gebruikt, wordt als volgt berekend:

$$C_w = 10 \lg \left(\frac{T}{T_{ref}} \right) \quad (2.4.1)$$

waarbij:

T de actieve brontijd per periode is op basis van een jaarlijks gemiddelde situatie, in uren;
 T_{ref} de referentieperiode in uren is (bv. dag is 12 uur, avond is 4 uur, nacht is 8 uur).

Voor de dominantere bronnen wordt de correctie van de jaarlijkse gemiddelde bedrijfsuren binnen minstens 0,5 dB tolerantie geschat om een aanvaardbare nauwkeurigheid (die gelijk is aan een onzekerheid van minder dan 10% in de definitie van de actieve brontijd) te verkrijgen.

Richteffect van de bron

Het richteffect van de bron is nauw verbonden met de positie van de equivalente geluidsbron naast of vlakbij oppervlakken. Omdat de voortplantingsmethode met de reflectie van het nabijgelegen oppervlak en de geluidsabsorptie ervan rekening houdt, is het noodzakelijk om de locatie van de nabijgelegen oppervlakken zorgvuldig in aanmerking te nemen. In het algemeen worden de volgende twee gevallen altijd onderscheiden:

- brongeluidsvermogen en richteffect worden ten opzichte van een bepaalde werkelijke bron bepaald en gegeven wanneer die zich in vrij veld bevindt (exclusief het terreineffect). Dit is in overeenstemming met de definities met betrekking tot de voortplanting, indien aangenomen wordt dat er zich geen nabijgelegen oppervlak op minder dan 0,01 m van de bron bevindt en dat oppervlakken op een afstand van 0,01 m of meer in de berekening van de voortplanting worden opgenomen;
- brongeluidsvermogen en richteffect worden ten opzichte van een bepaalde werkelijke bron bepaald en gegeven wanneer die in een specifieke locatie is geplaatst, en daarom zijn brongeluidsvermogen en richteffect in feite 'equivalent' omdat ze de modellering van het effect van de nabijgelegen oppervlakken bevatten. Dit wordt bepaald in het 'half-vrije veld' volgens de definities met betrekking tot de voortplanting. In dit geval worden de gemodelleerde nabijgelegen oppervlakken van de berekening van de voortplanting uitgesloten.

Het richteffect wordt in de berekening uitgedrukt als een factor $\frac{AL_{W,dir,xyz}(x,y,z)}{AL_{W,dir,xyz}(x,y,z)}$ die aan het geluidsvermogen wordt toegevoegd om het juiste richtingsafhankelijke geluidsvermogen van een referentiegeluidsbron te verkrijgen, zoals gezien door de geluidsvoortplanting in de gegeven richting. De factor kan worden gegeven als een functie van de richtingsvector gedefinieerd door $(x,y,z)-(x,y,z)$ met $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$. Dit richteffect kan ook worden uitgedrukt door middel van andere coördinatensystemen zoals hoekige coördinatenstelsels.

2.5 Berekening van geluidsvoortplanting voor weg-, spoor- en industriebronnen

2.5.1 Omvang en toepasselijkheid methode

Dit document omschrijft een methode voor de berekening van de geluidsdemping tijdens de voortplanting ervan buitenshuis. Met de bekende kenmerken van de bron voorspelt deze methode het equivalente constante geluidsniveau op een waarneempunt dat overeenstemt met twee bepaalde soorten van atmosferische omstandigheden:

- voortplantingscondities met neerwaartse breking (positieve verticale gradiënt van effectieve geluidssnelheid) van de bron naar het waarneempunt,
- homogene atmosferische omstandigheden (geen verticale gradiënt van effectieve geluidssnelheid) over het gehele voortplantingsgebied.

De in dit document beschreven berekeningsmethode is van toepassing voor weg-, spoor- en industriebronnen. Deze methode is daarom met name van toepassing op de infrastructuur van wegen en spoorlijnen. Luchtvervoer wordt alleen in het toepassingsgebied van de methode opgenomen voor het lawaai dat tijdens grondoperaties wordt voortgebracht, waarbij de start en landing worden uitgesloten.

Industriële infrastructuren die impulsieve of sterk tonale geluiden voortbrengen zoals beschreven in ISO 1996-2: 2007, vallen niet onder het toepassingsgebied van deze methode.

De berekeningsmethode levert geen resultaten voor voortplantingscondities met opwaartse breking (negatieve verticale gradiënt van de effectieve geluidssnelheid), maar deze condities worden bij de berekening van L_{den} door homogene condities benaderd.

Voor de berekening van de demping door atmosferische absorptie in het geval van vervoersinfrastructuur, worden de temperatuur en vochtigheid volgens ISO 9613-1:1996 berekend. De methode levert resultaten per octaafband van 63 Hz tot 8 000 Hz. De berekeningen worden voor elk van de middenfrequenties verricht.

Objecten die, meer dan 15° aflopen in verhouding tot de verticaal worden als reflecterende objecten beschouwd, maar worden in aanmerking genomen bij alle andere aspecten van de voortplanting, zoals grondeffecten en diffractie.

Een enkel scherm wordt als een enkele diffractieberekening berekend, twee of meer schermen in een enkel pad worden als een volgende set van enkele diffracties behandeld door toepassing van de procedure die nader wordt omschreven.

2.5.2 Gebruikte definities

Alle afstanden, hoogten, afmetingen in dit document worden in meter (m) uitgedrukt. De notatie $\overline{MNM}$ staat voor de afstand in 3 dimensies (3D) tussen de punten $\overline{MM}$ en $\overline{NN}$, gemeten volgens een rechte lijn die deze punten verbindt.

Het is gebruikelijk dat werkelijke hoogten verticaal worden gemeten in een richting loodrecht op het horizontale vlak. Hoogten van punten boven de plaatselijke grond worden aangeduid met h , absolute hoogten van punten en de absolute hoogte van de grond worden aangeduid met de letter H .

Om het werkelijke reliëf van de grond langs een voortplantingspad in aanmerking te nemen, is het begrip 'equivalente hoogte' ingevoerd, aangeduid met de letter z . Dit vervangt de werkelijke hoogten in de vergelijkingen van het grondeffect.

De geluidsniveaus, aangeduid met de hoofdletter L , worden uitgedrukt in decibel (dB) per frequentieband wanneer index A wordt weggelaten. De geluidsniveaus in decibel dB(A) krijgen de index A .

De som van de geluidsniveaus als gevolg van wederzijds incoherente bronnen wordt aangeduid met het teken $\oplus$ in overeenstemming met de volgende definitie:

$$L_1 \oplus L_2 = 10 \lg \left[10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} \right] \quad (2.5.1)$$

2.5.3 Geometrische overwegingen

Segmentatie van de bron

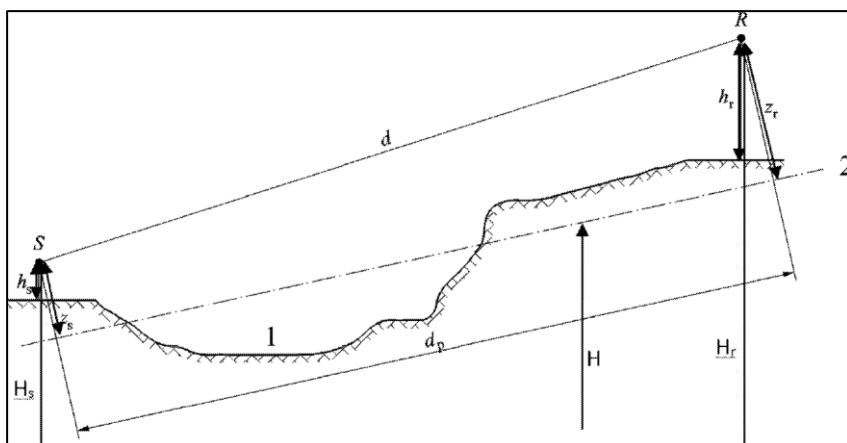
Werkelijke bronnen worden beschreven door een reeks puntbronnen of, bij spoorverkeer en wegverkeer, door incoherente bronlijnen. De voortplantingsmethode gaat ervan uit dat lijn- of diffuse bronnen voorafgaand zijn gesplitst om door een aantal equivalente puntbronnen te worden weergegeven. Dit kan bij voorbewerking van de brongegevens zijn opgetreden of in de pathfinder-component van de berekeningssoftware zijn ontstaan. De wijze waarop dit is gebeurd, valt buiten het toepassingsgebied van de onderhavige methode.

Voortplantingspaden

De methode werkt op een geometrisch model dat bestaat uit een reeks verbonden grond- en obstakeloppervlakken. Een verticaal voortplantingspad wordt op een of meerdere verticale vlakken ten opzichte van het horizontale vlak ingezet. Voor trajecten die reflecties op verticale vlakken omvatten die niet orthogonaal op het incidentvlak zijn, wordt daarna een ander verticaal vlak in aanmerking genomen, waaronder het gereflecteerde deel van het voortplantingspad. In deze gevallen, waar meerdere verticale vlakken worden gebruikt om het gehele traject van de bron naar het waarneempunt te beschrijven, worden de verticale vlakken vervolgens afgevlakt, net als een uitvouwend Chinees kamerscherm.

Aanmerkelijke hoogten boven de grond

De equivalente hoogten worden verkregen van het gemiddelde grondvlak tussen de bron en het waarneempunt. Dit vervangt de werkelijke grond met een fictief vlak dat het gemiddelde profiel van de grond weergeeft.



Figuur 2.5.a, Equivalente hoogten in verhouding tot de grond

- 1: Werkelijk reliëf
- 2: Gemiddeld vlak

De equivalente hoogte van een punt is zijn orthogonale hoogte in verhouding tot het gemiddelde grondvlak. De equivalente bronhoogte z_s en de equivalente hoogte van het waarneempunt z_r kan daarom worden gedefinieerd. De afstand tussen de bron en het waarneempunt geprojecteerd over het gemiddelde grondvlak wordt aangeduid met d_p .

Als de equivalente hoogte van een punt negatief wordt, dat wil zeggen als het punt zich onder het gemiddelde grondvlak bevindt, wordt een hoogte van nul aangehouden en dan is het equivalente punt identiek aan zijn eventuele spiegelpunt.

Berekening van het gemiddelde grondvlak

In het vlak van het pad kan de topografie (waaronder terrein, heuvels, spoortaluds en andere kunstmatige obstakels, gebouwen,...) aan de hand van een geordende verzameling van afzonderlijke punten $(x_k, H_k); k \in \{1, \dots, n\}$ worden beschreven. Deze reeks punten definieert een polylijn of, op gelijke wijze, een reeks rechte lijn segmenten $H_k = a_k x + b_k; x \in [x_k, x_{k+1}]; k \in \{1, \dots, n\}$, waarbij:

$$\begin{cases} a_k = (H_{k+1} - H_k) / (x_{k+1} - x_k) \\ b_k = (H_k \cdot x_{k+1} - H_{k+1} \cdot x_k) / (x_{k+1} - x_k) \end{cases} \quad (2.5.2)$$

Het gemiddelde vlak wordt weergegeven door de rechte lijn $Z = ax + b; x \in [x_1, x_n]$, die aan de polylijn is aangepast door middel van een benadering van het kleinste kwadraat. De vergelijking van de gemiddelde lijn kan analytisch worden uitgewerkt.

Met behulp van:

$$\begin{cases} A = \frac{2}{3} \sum_{k=1}^{n-1} a_k (x_{k+1}^3 - x_k^3) + \sum_{k=1}^{n-1} b_k (x_{k+1}^2 - x_k^2) \\ B = \sum_{k=1}^{n-1} a_k (x_{k+1}^2 - x_k^2) + 2 \sum_{k=1}^{n-1} b_k (x_{k+1} - x_k) \end{cases} \quad (2.5.3)$$

worden de coëfficiënten van de rechte lijn verkregen door:

$$\begin{cases} a = \frac{3(2A - B(x_n + x_1))}{(x_n - x_1)^3} \\ b = \frac{2(x_n^3 - x_1^3)}{(x_n - x_1)^4} B - \frac{3(x_n + x_1)}{(x_n - x_1)^3} A \end{cases} \quad (2.5.4)$$

waarbij segmenten met $x_{k+1} = x_k, x_{k+1} = x_k$ buiten beschouwing worden gelaten bij de beoordeling van vergelijking 2.5.3.

Reflecties door gevels en andere verticale obstakels

Bijdragen van reflectie worden in aanmerking genomen door de invoering van spiegelbronnen, zoals hieronder beschreven.

2.5.4 Model voor geluidsvoortplanting

Voor een waarneempunt R worden de berekeningen uitgevoerd in overeenstemming met de volgende stappen:

- 1) op elk voortplantingspad:
 - berekening van de demping in gunstige omstandigheden,
 - berekening van de demping in homogene omstandigheden,
 - berekening van langdurig geluidsniveau voor elk pad.
- 2) accumulatie van de langdurige geluidsniveaus voor alle paden die invloed hebben op een specifiek waarneempunt, zodat het totale geluidsniveau op het waarneempunt kan worden berekend.

Opgemerkt wordt dat alleen demping ten gevolge van het grondeffect (A_{ground}) en diffractie (A_{dif}) door meteorologische omstandigheden wordt beïnvloed.

2.5.5 Berekeningsproces

Voor een puntbron S van richtingsafhankelijk geluidsvermogen $L_{w,0,dir}$ en voor een specifieke frequentieband wordt het equivalente constante geluidsniveau op het waarneempunt R in de gegeven atmosferische omstandigheden volgens de onderstaande vergelijkingen verkregen.

Geluidsniveau in gunstige omstandigheden (L_F) voor een pad (S,R)

$$L_F = L_{w,0,dir} - A_F \quad L_F = L_{w,0,dir} - A_F \quad (2.5.5)$$

De term A_F geeft de totale demping weer langs het voortplantingspad in gunstige omstandigheden, en wordt als volgt uitgesplitst:

$$A_F = A_{div} + A_{atm} + A_{boundary,F} \quad A_F = A_{div} + A_{atm} + A_{boundary,F} \quad (2.5.6)$$

waarbij

A_{div} de demping door geometrische divergentie is;

A_{atm} de demping door atmosferische absorptie is;

$A_{boundary,F}$ de demping door de grens van het voortplantingsmedium in gunstige omstandigheden is.

De volgende termen kunnen erin vervat zijn:

- $A_{ground,F}$, de demping door de grond in gunstige omstandigheden;
- $A_{dif,F}$, de demping door diffractie in gunstige omstandigheden.

Voor een bepaald pad en bepaalde frequentieband zijn de volgende twee scenario's mogelijk:

- ofwel $A_{ground,F}$ wordt zonder diffractie ($A_{dif,F} = 0$ dB) en $A_{boundary,F}$ berekend;
- ofwel $A_{dif,F}$ wordt berekend. Het grondeffect wordt in aanmerking genomen in de vergelijking zelf ($A_{ground,F} = 0$ dB). Dit levert dus $A_{boundary,F} = A_{dif,F}$ op.

Geluidsniveau in homogene omstandigheden (L_H) voor een pad (S,R)

De procedure is volkomen identiek aan het geval van gunstige omstandigheden in het vorige gedeelte.

$$L_H = L_{w,0,dir} - A_H \quad L_H = L_{w,0,dir} - A_H \quad (2.5.7)$$

De term A_H geeft de totale demping weer langs het voortplantingspad in homogene omstandigheden, en wordt als volgt uitgesplitst:

$$A_H = A_{div} + A_{atm} + A_{boundary,H} \quad A_H = A_{div} + A_{atm} + A_{boundary,H} \quad (2.5.8)$$

waarbij

A_{div} de demping door geometrische divergentie is;

A_{atm} de demping door atmosferische absorptie is;

$A_{boundary,H}$ de demping door de grens van het voortplantingsmedium in homogene omstandigheden is. De volgende termen kunnen erin vervat zijn:

$A_{ground,H}$, de demping door de grond in homogene omstandigheden;

$A_{dif,H}$, de demping door diffractie in homogene omstandigheden.

Voor een bepaald pad en bepaalde frequentieband zijn de volgende twee scenario's mogelijk:

- ofwel $A_{ground,H}$ ($A_{dif,H} = 0$ dB) wordt zonder diffractie en $A_{boundary,H} = A_{ground,H}$ berekend;
- ofwel $A_{dif,H}$ ($A_{ground,H} = 0$ dB) wordt berekend. Het grondeffect wordt in de vergelijking $A_{dif,H}$ zelf in aanmerking genomen. Dit levert dus $A_{boundary,H} = A_{dif,H}$ op.

Statistische benadering in stedelijke gebieden voor een pad (S,R)

In stedelijke gebieden is een statistische benadering van de berekening van de geluidsvoortplanting achter de eerste lijn gebouwen eveneens toegestaan, mits deze methode naar behoren wordt gedocumenteerd, met inbegrip van relevante informatie over de kwaliteit van de methode. Deze methode kan de berekening van $A_{boundary,H}$ en $A_{boundary,F}$ vervangen door een benadering van de totale demping voor het rechtstreekse pad en alle reflecties. De berekening wordt op de gemiddelde dichtheid en gemiddelde hoogte van alle gebouwen in het gebied gebaseerd.

Langdurig geluidsniveau voor een pad (S,R)

Het 'langdurige' geluidsniveau langs een pad, uitgaande van een bepaalde puntbron, wordt verkregen uit de logaritmische som van de gewogen geluidsenergie in homogene omstandigheden en de geluidsenergie in gunstige omstandigheden.

Deze geluidsniveaus worden gewogen door het gemiddelde optreedfrequentie p van gunstige omstandigheden in de richting van het pad (S,R):

$$L_{LT} = 10 \lg \left(p 10^{L_F/10} + (1-p) 10^{L_H/10} \right) \quad (2.5.9a)$$

NB: De gebeurteniswaarden voor p worden in fracties uitgedrukt. Dus als de frequentie van optreden 82% is, krijgt de vergelijking (2.5.9a) $p = 0,82$.

Optreedfrequentie per richting en periode

De gebeurteniswaarden voor p zijn richtingsafhankelijk en periode afhankelijk. De waarden p worden berekend met de volgende formules.

$$p = \begin{cases} 0,34 - 0,1 \sin(\xi + 35) + 0,045 \sin^2(\xi + 35) & \text{voor de dagperiode} \\ 0,40 - 0,1 \sin(\xi + 60) + 0,035 \sin^2(\xi + 60) & \text{voor de avond en nachtperiode} \end{cases} \quad (2.5.9b)$$

De voortplantingsrichting ξ is als volgt gedefinieerd:

Tabel 2.5.a Voorplantingsrichting

Hoek (ξ)	Van	Naar
0	Noord	Zuid
90	Oost	West
180	Zuid	Noord
270	West	Oost

Langdurig geluidsniveau op punt R voor alle paden

Het totale langdurige geluidsniveau op het waarneempunt voor een frequentieband wordt verkregen aan de hand van de energetische optelling van bijdragen van alle N- paden, met inbegrip van alle typen:

$$L_{tot,LT} = 10 \lg \left(\sum_n 10^{\frac{L_{n,LT}}{10}} \right) \quad (2.5.10)$$

waarbij:

n de index van de paden tussen S en R is.

Het in aanmerking nemen van reflectie door middel van spiegelbronnen wordt hieronder beschreven. De procentuele frequentie van gunstige omstandigheden bij reflectie van een pad op een verticaal obstakel wordt geacht identiek te zijn aan de frequentie van het rechtstreekse pad. Als $S'S'$ de spiegelbron van SS is, wordt het optreedfrequentie $p-p'$ van het pad $(S',R)(S',R)$ beschouwd als gelijk te zijn aan optreedfrequentie p van het pad $(S,R)(S,R)$.

Langdurig geluidsniveau op punt R in decibels A (dBA)

Het totale geluidsniveau in decibels A (dBA) wordt verkregen door de niveaus in elke frequentieband op te tellen:

$$L_{Aeq,LT} = 10 \lg \sum_i 10^{\frac{(L_{tot,LT} + AWC_{f,i})}{10}} \quad (2.5.11)$$

waarbij i de index van de frequentieband is. $AWC-AWC$ is de A-gewogen correctie als volgt:

Frequentie [Hz]	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
$AWC_{f,i}$ [dB]	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1,0	-1,1

Dit niveau $L_{Aeq,LT}$ vormt het eindresultaat, d.w.z. het A-gewogen geluidsdrukniveau over lange termijn op het waarneempunt op een bepaald referentietijdsinterval (bijvoorbeeld dag, avond, nacht of een kortere periode tijdens de dag, avond of nacht).

2.5.6 Berekening van geluidsvoortplanting voor weg-, spoor-, industriebronnen

Geometrische divergentie

De demping door geometrische divergentie, $A_{att}A_{div}$, komt overeen met een vermindering van het geluidsniveau door de voortplantingsafstand. Voor een puntbron in vrij veld wordt de demping in dB verkregen door:

$$A_{att} = 20 \lg(d) + 11 \quad A_{div} = 20 \lg(d) + 11 \quad (2.5.12)$$

waarbij d de rechtstreekse schuine afstand in 3D is tussen de bron en het waarneempunt is.

Atmosferische absorptie

De demping door atmosferische absorptie $A_{att}A_{atm}$ tijdens voortplanting over een afstand d wordt verkregen in dB door de vergelijking:

$$A_{atm} = \alpha_{atm} \cdot d / 1.000 \quad (2.5.13)$$

waarbij:

d de rechtstreekse 3D schuine afstand tussen de bron en het waarneempunt is;

α_{atm} de coëfficiënt van atmosferische demping in dB/km op de nominale middenfrequentie voor elke frequentieband is, in overeenstemming met ISO 9613-1.

De waarden van de α_{atm} coëfficiënt worden gegeven voor een temperatuur van 15 °C, een relatieve luchtvochtigheid van 70 % en een atmosferische druk van 101 325 Pa. Zij worden met de nauwkeurige middenfrequenties van de frequentieband berekend. Deze waarden voldoen aan ISO 9613-1. Het meteorologische gemiddelde op lange termijn wordt gebruikt indien meteorologische gegevens beschikbaar zijn.

Tabel 2.5.b De luchtdempingscoëfficiënt lucht als functie van de octaafband

Octaafband	α_{atm} [dB/km]
63	0,105
125	0,376
250	1,124
500	2,358
1.000	4,079
2.000	8,777
4.000	26,608
8.000	94,962

Grondeffect

De demping door het grondeffect is hoofdzakelijk het gevolg van de interferentie tussen het gereflecteerde geluid en het geluid dat zich rechtstreeks van de bron naar het waarneempunt voortplant. Het is fysiek verbonden aan de akoestische absorptie van de grond waarboven de geluidsgolf zich voortplant. Het is echter ook sterk afhankelijk van atmosferische omstandigheden tijdens voortplanting, omdat straalafbuiging de hoogte van het pad boven de grond wijzigt en de effecten van de grond en het land in de buurt van de bron meer of minder versterkt.

In het geval dat de voortplanting tussen de bron en het waarneempunt door een obstakel in het voortplantingsvlak wordt beïnvloed, wordt het grondeffect aan de kant van de bron en het waarneempunt afzonderlijk berekend. In dit geval verwijzen z_s en z_r naar de equivalente positie van de bron en/of het waarneempunt, zoals aangegeven hieronder waar de berekening van de diffractie A_{dif} wordt gepresenteerd.

Akoestische karakterisering van grond

De akoestische absorptie-eigenschappen van de grond houden voornamelijk verband met zijn porositeit. Compacte grond is in het algemeen reflecterend en poreuze grond is absorberend.

Voor operationele berekeningen wordt de akoestische absorptie van een grond weergegeven met een dimensieloze coëfficiënt G , tussen 0 en 1. G is onafhankelijk van de frequentie. Tabel 2.5.c geeft de G -waarden voor de grond in de openlucht. Het gemiddelde van de coëfficiënt G over een pad krijgt in het algemeen waarden tussen 0 en 1.

Tabel 2.5.c G -waarden voor verschillende soorten grond

Beschrijving	Type	(kPa · s/m ²)	G -waarde

Zeer zacht (sneeuw of mosachtig)	A	12,5	1
Zachte bosgrond (kort, dicht heideachtig of dik mos)	B	31,5	1
Niet-compacte, losse grond (veen, gras, losse aarde)	C	80	1
Normale niet-compacte grond (bosbodem, weiden)	D	200	1
Compact land en grind (compacte gazons, parkland)	E	500	0,7
Compacte dichte grond (grindweg, parkeer- plaats)	F	2 000	0,3
Harde oppervlakken (veelal normaal asfalt, beton)	G	20 000	0
Zeer harde en dichte oppervlakken (dicht asfalt, beton, water)	H	200 000	0

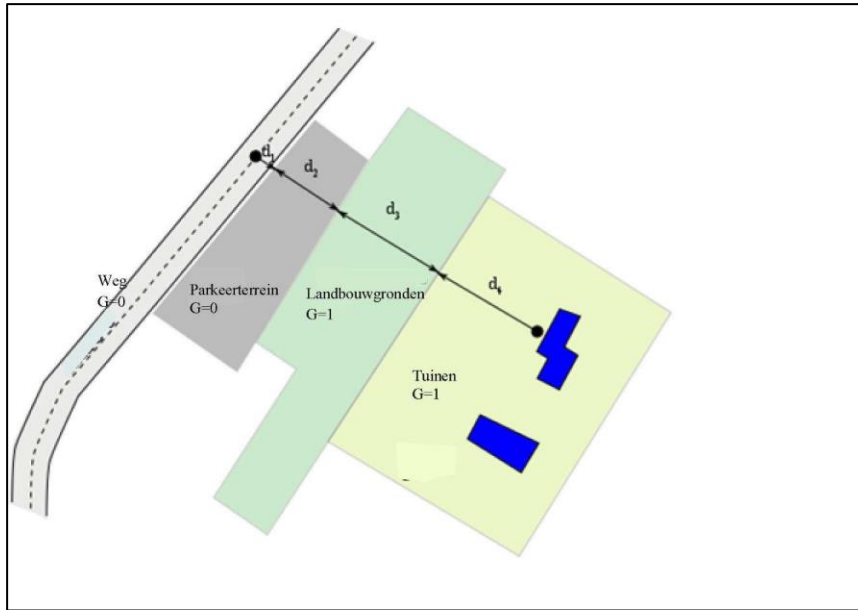
G_{path} wordt gedefinieerd als de fractie van absorberende grond die over het gehele pad aanwezig is.

Wanneer de bron en het waarneempunt vlakbij elkaar zijn zodat $d_p \leq 30(z_s + z_r)$, is het verschil tussen de grondsoort nabij de bron en de grondsoort nabij het waarneempunt te verwaarlozen. Daarom wordt om met deze opmerking rekening te houden de grondfactor G_{path} uiteindelijk als volgt gecorrigeerd:

$$\begin{cases} G_{path} \frac{d_p}{30(z_s + z_r)} + G_s \left(1 - \frac{d_p}{30(z_s + z_r)} \right) & \text{als } d_p \leq 30(z_s + z_r) \\ G_{path} & \text{anders} \end{cases} \quad (2.5.14)$$

waarbij G_s de grondfactor van het brongebied is. $G_s = 0$ voor wegdekken, betonplatenspoor. $G_s = 1$ voor sporen in ballastbed. Er is geen algemeen antwoord in het geval van industriële bronnen en fabrieken.

G kan worden gerelateerd aan de stromingsweerstand.



$$d_p = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$G_{path} = (0 \cdot d_1 + 0 \cdot d_2 + 1 \cdot d_3 + 1 \cdot d_4) / d_p = (d_3 + d_4) / d_p$$

Figuur 2.5.b, Bepaling van de grondcoëfficiënt G_{path} over een voortplantingspad

De afstanden d_n worden bepaald door een 2D-projectie op het horizontale vlak.

De volgende twee subsecties over berekeningen in homogene en gunstige omstandigheden introduceren de generieke $\bar{G}_w \bar{G}_w$ en $\bar{G}_m \bar{G}_m$ notaties voor de absorptie van de grond. Tabel 2.5.d geeft het verband tussen deze notaties en de variabelen G_{path} en G'_{path} .

Tabel 2.5.d Verband tussen $\bar{G}_w \bar{G}_w$ en $\bar{G}_m \bar{G}_m$ (G_{path} , G'_{path})

	Homogene omstandigheden			Gunstige omstandigheden		
	$A_{ground}(d)$	$A_{ground}(S,O)$	$A_{ground}(O,R)$	$A_{ground}(d)$	$A_{ground}(S,O)$	$A_{ground}(O,R)$
$\bar{G}_w \bar{G}_w$	G'_{path}		G_{path}			
$\bar{G}_m \bar{G}_m$	G'_{path}		G_{path}	G'_{path}		G_{path}

Berekeningen in homogene omstandigheden

De demping door het grondeffect in homogene omstandigheden wordt berekend op basis van de volgende vergelijkingen:

indien $G_{path} \neq 0$

$$A_{ground,H} = \max \left(-10 \log \left[4 \frac{k^2}{d_p^2} \left(z_s^2 - \sqrt{\frac{2C_f}{k}} z_s + \frac{C_f}{k} \right) \left(z_r^2 - \sqrt{\frac{2C_f}{k}} z_r + \frac{C_f}{k} \right) \right], A_{ground,H,min} \right) \quad (2.2.15)$$

waarbij

$$k = \frac{2\pi f_m}{c}$$

f_m de nominale middenfrequentie is van de frequentieband in kwestie, in Hz, c de snelheid van het geluid in de lucht is, gelijk aan 340 m/s, en C_f wordt bepaald door:

$$C_f = d_p \frac{1 + 3wd_p e^{-\sqrt{wd_p}}}{1 + wd_p} \quad (2.5.16)$$

waarbij de waarden van w worden verkregen door de onderstaande vergelijking:

$$w = 0,0185 \frac{f_m^{2,5} \bar{G}_w^{2,6}}{f_m^{1,5} \bar{G}_w^{2,6} + 1,3 \cdot 10^3 f_m^{0,75} \bar{G}_w^{1,3} + 1,16 \cdot 10^6} \quad (2.5.17)$$

$\bar{G}_w \bar{G}_m$ kan gelijk zijn aan $G_{path} G_{path}$ of $G_{path}^+ G'_{path}$, afhankelijk van het feit of het grondeffect met of zonder diffractie wordt berekend, en volgens de aard van de grond onder de bron (werkelijke of afgebogen bron). Dit wordt in de volgende subsecties vermeld en is in tabel 2.5.d samengevat.

$$A_{ground,H,min} = -3(1 - \bar{G}_m) \quad A_{ground,H,min} = -3(1 - \bar{G}_m) \quad (2.2.18)$$

is de ondergrens van $A_{ground,H}$.

Voor een pad $(S_i, R) - (S_i, R)$ in homogene omstandigheden zonder diffractie:

$$\bar{G}_w = G_{path}^+ \quad \bar{G}_m = G'_{path}$$

$$\bar{G}_w = G_{path}^+ \quad \bar{G}_m = G'_{path}$$

Met diffractie, raadpleeg de sectie over diffractie voor de definities van $\bar{G}_w \bar{G}_m$ en $\bar{G}_w \bar{G}_m$.

indien $G_{path} G_{path} = 0$: $A_{ground} - A_{ground} = -3$ dB

De term $-3(1 - \bar{G}_m) - 3(1 - \bar{G}_m)$ houdt rekening met het feit dat wanneer de bron en het waarneempunt ver van elkaar liggen, het eerste reflectievlak zich niet langer op het platform maar op natuurlijke grond bevindt.

Berekening in gunstige omstandigheden

Het grondeffect in gunstige omstandigheden wordt berekend met de vergelijking van $A_{ground,H}$, mits de volgende wijzigingen worden gemaakt:

Indien $G_{path} G_{path} \neq 0$

a) In de vergelijking 2.5.15 ($A_{ground,H}$) ($A_{ground,H}$) worden de hoogten $z_s z_s$ en $z_r z_r$ vervangen door respectievelijk $z_s + \delta z_s + \delta z_T$ en $z_r + \delta z_r + \delta z_T$, waarbij

$$\begin{cases} \delta z_s = a_0 \left(\frac{z_s}{z_s + z_r} \right)^2 \frac{d_p^2}{2} \\ \delta z_r = a_0 \left(\frac{z_r}{z_s + z_r} \right)^2 \frac{d_p^2}{2} \end{cases} \quad (2.5.19)$$

$a_0 = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^{-1}$ is het omgekeerde van de kromtestraal

$$\delta z_T = 6 \cdot 10^{-3} \frac{d_p}{z_s + z_r}$$

b) De ondergrens van $A_{ground,F}$ (berekend met ongewijzigde hoogten) is afhankelijk van de geometrie van het pad:

$$A_{ground,F,min} = \begin{cases} -3(1 - \bar{G}_m) & \text{als } d_p \leq 30(z_s + z_r) \\ -3(1 - \bar{G}_m) \left(1 + 2 \left(1 - \frac{30(z_s + z_r)}{d_p} \right) \right) & \text{anders} \end{cases} \quad (2.5.20)$$

Indien $G_{path} = 0$: $A_{ground,F} = A_{ground,F,min}$

De hoogtecorrecties $\delta z_s \delta z_s$ en $\delta z_T \delta z_T$ brengen het effect van de afbuiging van de geluidstralen over. $\delta z_T \delta z_T$ verdisconteert het effect van de turbulentie.

$\bar{G}_m \bar{G}_m$ kan ook gelijk zijn aan of G_{path} of $G_{path}^+ G'_{path}$, afhankelijk van het feit of het grondeffect met of zonder diffractie wordt berekend, en volgens de aard van de grond onder de bron (werkelijke of afgebogen bron). Dit wordt in de volgende subsecties nader bepaald.

Voor een pad (S, R) (S, R) in gunstige omstandigheden zonder diffractie:

$\bar{G}_w = G_{path} \bar{G}_w = G_{path}$ in vergelijking (2.5.17)

$\bar{G}_m = G_{path}^+ \bar{G}_m = G'_{path}$

Met diffractie, raadpleeg de volgende sectie voor de definities van $\bar{G}_w$, $\bar{G}_w$ en $\bar{G}_m \bar{G}_m$

Diffractie

Gewoonlijk wordt de diffractie aan de bovenkant van elk obstakel op het voortplantingspad onderzocht. Als het pad 'hoog genoeg' over de diffractierand loopt, kan $A_{dif} = 0$ $A_{dif} = 0$ worden vastgesteld en een rechtstreeks zicht worden berekend, met name door de beoordeling van A_{ground} A_{ground} .

In de praktijk worden de volgende specificaties in aanmerking genomen in het unieke verticale vlak dat zowel de bron als het waarneempunt bevat (een uitvouwend Chinees kamerscherm in het geval van een traject met reflecties). De rechtstreekse straal van de bron naar het waarneempunt is een rechte lijn onder homogene voortplantingscondities en een gebogen lijn (boog waarvan de straal afhankelijk is van de lengte van de rechtstreekse straal) onder gunstige voortplantingscondities.

Als de rechtstreekse straal niet is geblokkeerd, wordt de rand D gezocht die het grootste padverschil δ oplevert (de kleinste absolute waarde, omdat deze padverschillen negatief zijn).

Diffractie wordt in aanmerking genomen als

- dit padverschil groter is dan $-\lambda/20$; en
- als aan het 'Rayleigh criterium' is voldaan.

Dit is het geval als δ groter is dan $\lambda/4 - \delta^*$, waarbij δ^* het padverschil is dat met deze zelfde rand D is berekend, maar is gerelateerd aan de gespiegelde bron S^* , berekend met het gemiddelde grondvlak aan de bronkant en aan het gespiegelde waarneempunt R^* , berekend met het gemiddelde grondvlak aan de waarneemkant. Om δ^* te berekenen worden alleen de punten S^* , D en R^* in aanmerking genomen – andere randen die het pad $S^* \rightarrow D \rightarrow R^*$ blokkeren, worden verwaarloosd. Voor de bovenstaande overwegingen wordt de golflengte λ berekend met behulp van de nominale middenfrequentie en een geluidssnelheid van 340 m/s.

Als aan deze twee voorwaarden is voldaan, wordt de bronkant door rand D van de waarneemkant gescheiden, worden twee afzonderlijke gemiddelde grondvlakken berekend en wordt A_{dif} berekend zoals beschreven in de rest van deze paragraaf. Anders wordt voor dit pad geen damping door diffractie overwogen, wordt een gemeenschappelijk gemiddeld grondvlak voor het pad $S \rightarrow R$ berekend en wordt A_{ground} zonder diffractie ($A_{dif} = 0$ dB) berekend. Deze regel geldt zowel in homogene als in gunstige omstandigheden.

Wanneer voor een specifieke frequentieband een berekening volgens de in deze sectie beschreven procedure wordt gemaakt, wordt A_{ground} A_{ground} vastgesteld als gelijk te zijn aan 0 dB voor de berekening van de totale damping. Het grondeffect wordt rechtstreeks in de vergelijking van de algemene diffractieberekening in aanmerking genomen.

De hier voorgestelde vergelijkingen worden gebruikt om de diffractie op dunne schermen, dikke schermen, gebouwen, bermen (natuurlijke of kunstmatige) en door de randen van dijken, ingravingen en viaducten te verwerken.

Wanneer verscheidene diffractie-obstakels op een voortplantingspad worden aangetroffen, worden ze behandeld als een meervoudige diffractie door toepassing van de procedure die in de volgende sectie over de berekening van het padverschil wordt beschreven.

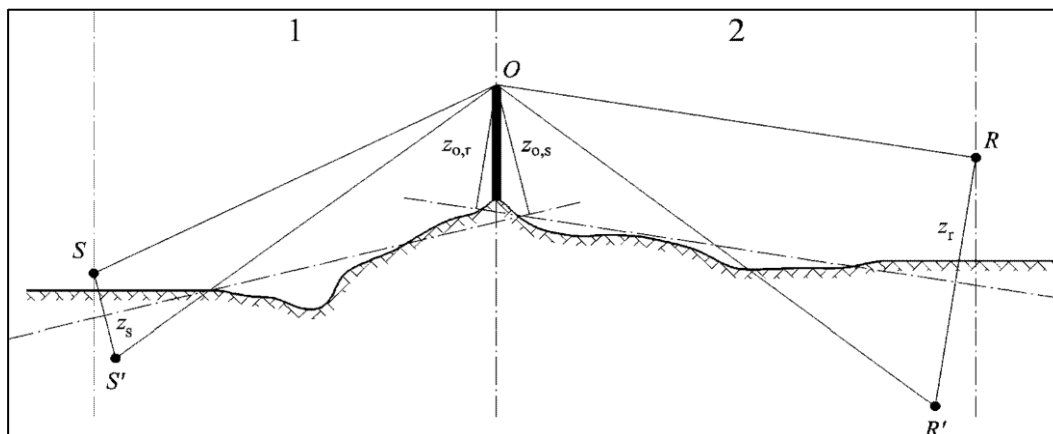
De hier gepresenteerde procedures worden voor de berekening van dempingen in zowel homogene als gunstige omstandigheden gebruikt. Bij de berekening van het padverschil en voor de berekening van de grondeffecten voor en na diffractie wordt rekening gehouden met straalbuiging.

Algemene beginselen

Figuur 2.5.c illustreert de algemene methode voor berekening van de demping door diffractie. Deze methode is gebaseerd op het opsplitsen van het voortplantingspad in twee delen: het pad van de 'bronkant', gelegen tussen de bron en het diffractiepunt, en het pad van 'waarneemkant', gelegen tussen het diffractiepunt en het waarneempunt.

Het volgende wordt berekend:

- een grondeffect, bronkant, $\Delta_{\text{ground}}(S,O)$
- een grondeffect, waarneemkant, $\Delta_{\text{ground}}(O,R)$
- en drie diffracties:
 - tussen de bron S en het waarneempunt R : $\Delta_{\text{dif}}(S,R)$
 - tussen de spiegelbron S' en R : $\Delta_{\text{dif}}(S',R)$
 - tussen S en de spiegelontvanger R' : $\Delta_{\text{dif}}(S,R')$.



Figuur 2.5.c, Geometrie van een berekening van de demping door diffractie

- 1: Bronkant
- 2: Waarneemkant

waarbij:

S de bron is;

R het waarneempunt is;

S' de spiegelbron is in verhouding tot het gemiddelde grondvlak aan de bronkant;

R' de spiegelontvanger is in verhouding tot het gemiddelde grondvlak aan de waarneemkant;

O het diffractiepunt is;

z_s de equivalente hoogte is van de bron S in verhouding tot het gemiddelde vlak aan de bronkant;

$z_{o,s}$ de equivalente hoogte is van het diffractiepunt O in verhouding tot het gemiddelde grondvlak aan de bronkant;

z_r de equivalente hoogte is van het waarneempunt R in verhouding tot het gemiddelde vlak aan de waarneemkant;

$\frac{z_{o,p}}{z_{o,r}}$ de equivalente hoogte is van het diffractie punt O in verhouding tot het gemiddelde grondvlak aan de waarneemkant.

De onregelmatigheid van de grond tussen de bron en het diffractie punt en tussen het diffractie punt en het waarneempunt wordt in aanmerking genomen door middel van equivalente hoogten berekend in verhouding tot het gemiddelde grondvlak, eerst de bronkant en vervolgens de waarneemkant (twee gemiddelde grondvlakken), volgens de methode beschreven in de subsectie over aanmerkelijke hoogten boven de grond (figuur 2.5.a).

Zuivere diffractie

Voor zuivere diffractie, zonder grondeffecten, wordt de demping verkregen door:

$$\Delta_{diff} = \begin{cases} 10 \lg \left(3 + \frac{40}{\lambda} C'' \delta \right) & \text{als } \frac{40}{\lambda} C'' \delta \geq -2 \\ 0 & \text{anders} \end{cases} \quad (2.5.21)$$

λ de golflengte is op de nominale middenfrequentie van de frequentieband in kwestie;

δ het padverschil is tussen het gebogen pad en het rechtstreekse pad (zie de volgende subsectie over de berekening van het padverschil);

C'' een coëfficiënt is die wordt gebruikt om rekening te houden met meervoudige diffracties:

$C'' = 1$ voor een enkele diffractie.

Voor meervoudige diffractie, indien e de totale afstand langs het pad is tussen het eerste en het laatste diffractie punt (gebruik bij gunstige omstandigheden gebogen stralen) en als e hoger is dan 0,3 m (anders geldt $C'' = 1$), wordt deze coëfficiënt gedefinieerd door:

$$C'' = \frac{1 + \left(\frac{5\lambda}{e} \right)^2}{\frac{1}{3} + \left(\frac{5\lambda}{e} \right)^2} \quad (2.5.22)$$

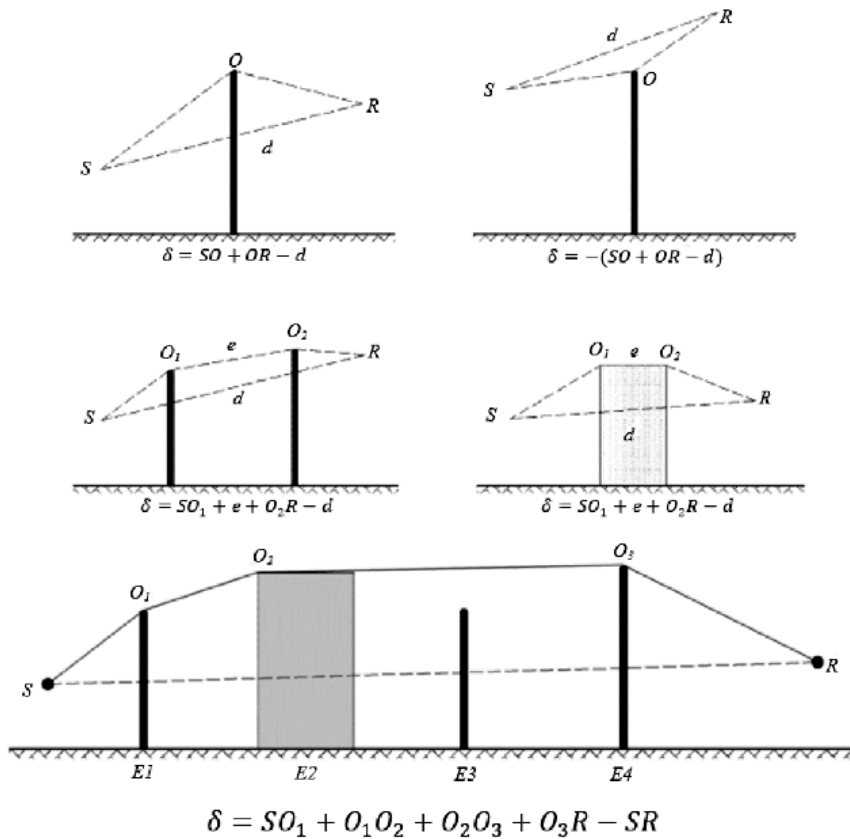
De waarden van $A_{att,dif}$ worden vastgelegd:

- indien $A_{att,dif} < 0$: $A_{att,dif} = 0$ dB
- indien $A_{att,dif} > 25$: $A_{att,dif} = 25$ dB voor een diffractie op een horizontale rand en alleen op de term $A_{att,dif}$ die in de berekening van $A_{att,dif}$ voorkomt. Deze bovengrens wordt niet toegepast in de $A_{att,dif}$ -termen die in de berekening van A_{ground} worden gebruikt, of voor een diffractie op een verticale rand (laterale diffractie) in het geval van kartering van industrielaawaai.

Berekening van het padverschil

Het padverschil δ wordt berekend in een verticaal vlak dat de bron en het waarneempunt bevat. Dit is een benadering met betrekking tot het beginsel van Fermat. De benadering blijft hier van toepassing (bronlijnen). Het padverschil δ wordt zoals in de volgende figuren berekend, op basis van de aangetroffen situaties.

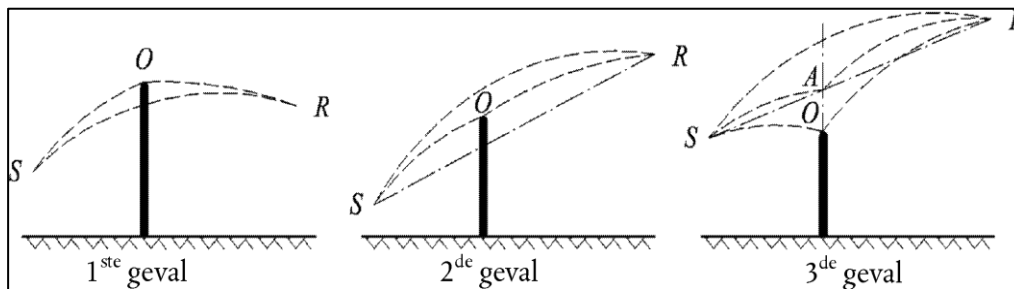
Homogene omstandigheden



Figuur 2.5.d, Berekening van het padverschil in homogene omstandigheden. O , O_1 , O_2 en O_3 zijn de diffractiepunten

Opmerking: voor elke configuratie wordt de uitdrukking van δ gegeven.

Gunstige omstandigheden



Figuur 2.5.e, Berekening van het padverschil in gunstige omstandigheden (enkele diffractie)

In gunstige omstandigheden hebben de drie gebogen geluidsstralen SO , OR en SR een identieke kromtestraal Γ hebben, gedefinieerd door:

$$\Gamma = \max(1.000, 8d) - \Gamma = \max(1.000, 8d) \quad (2.5.23)$$

Waarbij d wordt gedefinieerd door de 3D-afstand tussen de bron en het waarneempunt van het opgevouwen pad.

De lengte van de kromming van een geluidsstraal MN wordt in gunstige omstandigheden aangeduid als $\hat{MN}$. Deze lengte is gelijk aan:

$$\hat{MN} = 2 \Gamma \arcsin\left(\frac{MN}{2\Gamma}\right) \quad (2.5.24)$$

In beginsel dienen drie scenario's in aanmerking te worden genomen in de berekening van het padverschil in gunstige omstandigheden $\delta_F \delta_F$ (zie figuur 2.5.e). In de praktijk volstaan twee vergelijkingen:

als de rechte geluidstraal $\overline{SR}$ door het obstakel (1e en 2e geval in figuur 2.5.e) wordt gemaskeerd:

$$\delta_F = \hat{SO} + \hat{OR} - \hat{SR} \quad \delta_F = \hat{SO} + \hat{OR} - \hat{SR} \quad (2.5.25)$$

als de rechte geluidstraal $\overline{SR}$ niet door het obstakel (3e geval in figuur 2.5.e) wordt gemaskeerd:

$$\delta_F = 2\hat{SA} + 2\hat{AR} - \hat{SO} - \hat{OR} - \hat{SR} \quad \delta_F = 2\hat{SA} + 2\hat{AR} - \hat{SO} - \hat{OR} - \hat{SR} \quad (2.5.26)$$

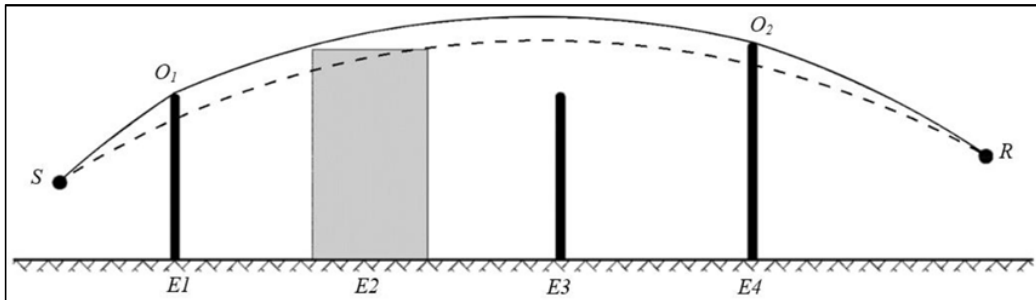
waarbij A het snijpunt van de rechte geluidstraal SR en het verlengde van het diffractie veroorzakende obstakel is.

Voor de meervoudige diffracties in gunstige omstandigheden:

- bepaal het convexe omhulsel gedefinieerd door de verschillende mogelijke diffractieranden;
- elimineer de diffractieranden die zich niet op de grens van het convexe omhulsel bevinden;
- bereken $\delta_F \delta_F$ op basis van de lengten van de gebogen geluidsstraal door het gebogen pad in net zo veel gebogen segmenten te verdelen als er nodig zijn (zie figuur 2.5.f)

$$\delta_F = \hat{SO} + \sum_{i=1}^{n-1} O_i \hat{O}_{i+1} + \hat{O}_n R - \hat{SR} \quad (2.5.27)$$

Onder gunstige omstandigheden bestaat het voortplantingspad in het verticale voortplantingsvlak altijd uit segmenten van een cirkel waarvan de straal wordt verkregen door de 3D-afstand tussen de bron en het waarneempunt, dat wil zeggen alle segmenten van een voortplantingspad hebben dezelfde kromtestraal. Als de directe-boogverbinding tussen de bron en het waarneempunt is geblokkeerd, wordt het voortplantingspad gedefinieerd als de kortste convexe combinatie van bogen die alle obstakels omhult. Convex betekent in dit verband dat op elk diffractiepunt het uitgaande straalsegment naar beneden wordt afgebogen ten opzichte van het inkomende straalsegment.



Figuur 2.5.f, Voorbeeld van berekening van het padverschil in gunstige omstandigheden, in het geval van meervoudige diffracties

In het scenario dat in figuur 2.5.f wordt afgebeeld is het padverschil:

$$\delta_F = \hat{SO}_1 + \hat{O}_1 \hat{O}_2 + \hat{O}_2 R - \hat{SR} \quad \delta_F = \hat{SO}_1 + \hat{O}_1 \hat{O}_2 + \hat{O}_2 R - \hat{SR} \quad (2.5.28)$$

Berekening van de demping $A_{\text{diff}} A_{\text{diff}}$

De demping door diffractie, waarbij de grondeffecten aan de bronkant en waarneemkant in aanmerking worden genomen, wordt berekend op basis van de volgende algemene vergelijkingen:

$$A_{\text{diff}} = \Delta_{\text{diff}(S,R)} + \Delta_{\text{ground}(S,O)} + \Delta_{\text{ground}(O_n,R)} \quad (2.5.29)$$

waarbij:

- $\Delta_{\text{diff}(S,R)} \Delta_{\text{diff}(S,R)}$ de demping is door de diffractie tussen de bron S en het waarneempunt R,

- $\Delta_{ground(S,O)}$ de damping is door het grondeffect aan de bronkant, gewogen door de diffractie aan de bronkant. Daarbij wordt er van uitgegaan dat $\theta = \theta_r \approx \theta_i$ in het geval van meervoudige diffracties zoals in figuur 2.5.f,
- $\Delta_{ground(O_n,R)}$ de damping is door het grondeffect aan de waarnemkant, gewogen door de diffractie aan de waarnemkant (zie de volgende subsectie over de berekening van de term $\Delta_{ground(O_n,R)}$).

Berekening van de term $\Delta_{ground(S,O)}$

$$\Delta_{ground(S,O)} = -20 \times \lg \left(1 + \left(10^{-\Delta_{ground(S,O)}/20} - 1 \right) \cdot 10^{-(\Delta_{dif(S',R)} - \Delta_{dif(S,R)})/20} \right) \quad (2.5.30)$$

waarbij:

- $\Delta_{ground(S,O)}$ de damping is door het grondeffect tussen de bron S en het diffractiepunt O. Deze term wordt berekend zoals aangegeven in de vorige subsectie over berekeningen in homogene omstandigheden en in de vorige subsectie over berekening in gunstige omstandigheden, met de volgende hypothesen:
- $z_s = z_{os} z_r = z_{or}$,
- G_{path} tussen SS en OQ wordt berekend,
- In homogene omstandigheden: $\bar{G}_w = G_{path} \bar{G}_w = G'_{path}$ in vergelijking (2.5.17), $\bar{G}_m = G_{path} \bar{G}_m = G'_{path}$ in vergelijking (2.5.18)
- In gunstige omstandigheden: $\bar{G}_w = G_{path} \bar{G}_w = G_{path}$ in vergelijking (2.5.17), $\bar{G}_m = G_{path} \bar{G}_m = G'_{path}$ in vergelijking (2.5.20)
- $\Delta_{dif(S',R)}$ de damping door de diffractie tussen de spiegelbron S' en R, berekend als in de vorige subsectie over zuivere diffractie,
- $\Delta_{dif(S,R)}$ is de damping is door de diffractie tussen S en R, berekend als in de vorige subsectie over zuivere diffractie.

In het bijzondere geval dat de bron onder het gemiddelde grondvlak ligt: $\Delta_{dif(S',R)} = \Delta_{dif(S,R)}$ en $\Delta_{ground(S,O)} = \Delta_{ground(S,O)}$.

Berekening van de term $\Delta_{ground(O,R)}$

$$\Delta_{ground(O,R)} = -20 \lg \left(1 + \left(10^{-\Delta_{ground(O,R)}/20} - 1 \right) \cdot 10^{-(\Delta_{dif(S,R)} - \Delta_{dif(S,R)})/20} \right) \quad (2.5.31)$$

waarbij:

- $\Delta_{ground(O,R)}$ de damping is door het grondeffect tussen het diffractiepunt OQ en het waarnempunt RR. Deze term wordt berekend zoals aangegeven in de vorige subsectie over berekening in homogene omstandigheden en in de vorige subsectie over berekening in gunstige omstandigheden, met de volgende hypothesen:

- $z_s = z_{os} z_r = z_{or}$
- G_{path} wordt berekend tussen OQ en RR.

De correctie $G_{path} G'_{path}$ hoeft hier niet in aanmerking te worden genomen omdat de bron in kwestie het diffractiepunt is. Daarom wordt G_{path} wel in de berekening van grondeffecten gebruikt, inclusief voor de ondergrensterm van de vergelijking die dan $-3(1 - G_{path}) - 3(1 - G_{path})$ wordt.

- In homogene omstandigheden: $\bar{G}_w = G_{path} \bar{G}_w = G_{path}$ in vergelijking (2.5.17), $\bar{G}_m = G_{path} \bar{G}_m = G_{path}$ in vergelijking (2.5.18)

- In gunstige omstandigheden: $\bar{G}_w = G_{path} \bar{G}_w = G_{path}$ in vergelijking (2.5.17), $\bar{G}_m = G_{path} \bar{G}_m = G_{path}$ in vergelijking (2.5.20)
- $\Delta_{dif(S,R)} \Delta_{dif(S,R)}$ is de demping door de diffractie tussen $\underline{SS}$ en de spiegelontvanger $\underline{R'R'}$, berekend als in de vorige subsectie over zuivere diffractie,
- $\Delta_{dif(S,R)} \Delta_{dif(S,R)}$ is de demping door de diffractie tussen $\underline{SS}$ en $\underline{RR}$, berekend als in de vorige subsectie over zuivere diffractie.

Scenario's met verticale rand

Vergelijking (2.5.21) kan worden gebruikt voor de berekening van de diffracties op verticale randen (laterale diffracties) in het geval van industriewaaier. In dit geval wordt $\Delta_{dif} = \Delta_{dif(S,R)} \Delta_{dif} = \Delta_{dif(S,R)}$ weggelaten en blijft de term $\Delta_{ground} \Delta_{ground}$ behouden. Bovendien worden $\Delta_{atm} \Delta_{atm}$ en $\Delta_{ground} \Delta_{ground}$ berekend op basis van de totale lengte van het voortplantingspad. $\Delta_{atp} \Delta_{div}$ wordt nog steeds berekend vanaf de rechtstreekse afstand $\underline{dd}$. De vergelijkingen (2.5.8) en (2.5.6) worden respectievelijk:

$$A_H = A_{div} + A_{atm}^{path} + A_{ground,H}^{path} + \Delta_{dif,H(S,R)} \quad (2.5.32)$$

$$A_F = A_{div} + A_{atm}^{path} + A_{ground,F}^{path} + \Delta_{dif,H(S,R)} \quad (2.5.33)$$

Laterale diffractie wordt alleen in aanmerking genomen in gevallen waarin aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- De bron is een echte puntbron – niet geproduceerd door segmentatie van een uitgebreide bron zoals een bronlijn of diffuse bron.
- De bron is geen gespiegelde bron die is geconstrueerd om een reflectie te berekenen.
- De rechtstreekse straal tussen de bron en het waarneempunt ligt volledig boven het terreinprofiel.
- In het verticale vlak met S en R is het padverschil δ groter dan 0, dat wil zeggen de rechtstreekse straal wordt geblokkeerd. Daarom kan in sommige situaties laterale diffractie in aanmerking worden genomen onder homogene voortplantingscondities, maar niet onder gunstige voort- plantingscondities.

Als aan al deze voorwaarden is voldaan, wordt naast het gebogen voortplantingspad in het verticale vlak met de bron en het waarneempunt rekening gehouden met ten hoogste twee lateraal gebogen voortplantingspaden. Het laterale vlak is gedefinieerd als het vlak dat loodrecht staat op het verticale vlak en ook de bron en het waarneempunt bevat. De snijvlakken met dit laterale vlak zijn opgebouwd uit alle obstakels die door de rechtstreekse straal van de bron naar het waarneempunt worden doorsneden. In het laterale vlak bepaalt de kortste convexe verbinding tussen de bron en het waarneempunt, bestaande uit rechte lijn segmenten en die deze snijvlakken omvat, de verticale randen die in aanmerking worden genomen bij de constructie van het lateraal gebogen voortplantingspad.

Om de demping door het grondeffect voor een lateraal gebogen voortplantingspad te berekenen, wordt het gemiddelde grondvlak tussen de bron en het waarneempunt berekend, rekening houdend met het grondprofiel dat verticaal onder het voortplantingspad ligt. Als in de projectie op een horizontaal vlak een lateraal voortplantingspad de projectie van een gebouw doorsnijdt, wordt dit in aanmerking genomen in de berekening van G_{path} (meestal met $G = 0$) en in de berekening van het gemiddelde grondvlak met de verticale hoogte van het gebouw

Reflecties op verticale obstakels

Demping door absorptie

De reflecties op verticale obstakels worden door middel van spiegelbronnen behandeld. Reflecties op gevels van gebouwen en geluidweringen worden dus op deze wijze behandeld.

Oppervlakken van objecten worden alleen als reflecterend beschouwd als ze minder dan 15° aflopen in verhouding tot de verticaal. Reflecties worden alleen in aanmerking genomen voor paden in het verticale voortplantingsvlak, dus niet voor lateraal gebogen paden. Voor de invallende en gereflecteerde paden, en in de veronderstelling dat het reflecterend oppervlak verticaal is, wordt het punt van reflectie (dat op het reflecterende object ligt) geconstrueerd met behulp van rechte lijnen onder homogene, en gebogen lijnen onder gunstige voortplantingscondities. De hoogte van het reflecterende object moet, gemeten door het punt van reflectie en gezien vanuit de richting van de invallende straal, ten minste 0,5 m bedragen. Na projectie op een horizontaal vlak moet de breedte van het reflecterend object, gemeten door het punt van reflectie en gezien vanuit de richting van de invallende straal, ten minste 0,5 m bedragen.

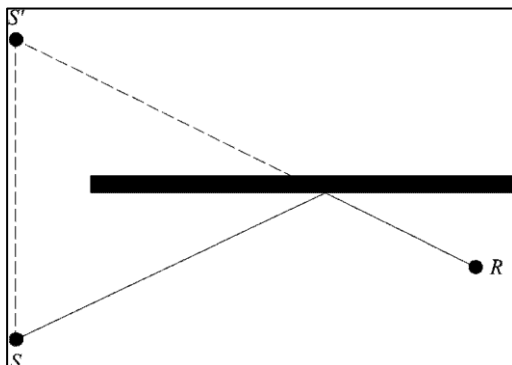
NB: reflecties op de grond worden hier niet behandeld. Deze worden bij de berekeningen van demping door de grens (grond, diffractie) in aanmerking genomen.

Als L_{WS} het vermogensniveau van de bron S is, en α_r de absorptiecoëfficiënt van het oppervlak van het obstakel is zoals gedefinieerd door EN1793-1:2013, dan is het vermogensniveau van de spiegelbron $S'S'$ gelijk aan:

$$L_{WS'} = L_{WS} + 10\lg(1 - \alpha_r) = L_{WS} + A_{refl} L_{WS'} = L_{WS} + 10\lg(1 - \alpha_r) = L_{WS} + A_{refl} \quad (2.5.34)$$

waarbij $0 \leq \alpha_r < 1$

De hierboven beschreven voortplantingsdempingen worden dan op dit pad (spiegelbron, waarneempunt) als voor een rechtstreeks pad toegepast.



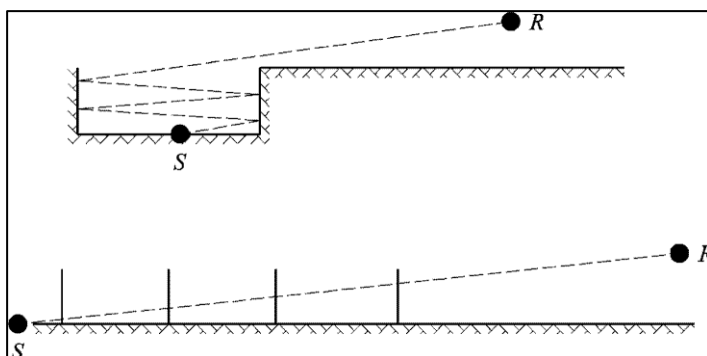
Figuur 2.5.g, Spiegelende reflecties op een obstakel behandeld volgens de spiegelbronmethode (S: bron, S': spiegelbron, R: waarneempunt)

Demping door retro-diffractie

In het geometrische onderzoek van geluidspaden hangt het aandeel van de energie dat door een verticaal obstakel (muur, gebouw) wordt gereflecteerd af van de afstand van het punt waar de straal aankomt tot de bovenste rand van het obstakel. Dit verlies van akoestische energie wanneer de straal wordt gereflecteerd, wordt demping door retro-diffractie genoemd.

In het geval van mogelijk meerdere reflecties tussen twee verticale wanden wordt ten minste de eerste reflectie in aanmerking genomen.

Bij een open tunnelbak (zie bijvoorbeeld figuur 2.5.h) wordt de demping door retro-diffractie toegepast op elke reflectie op de steunmuren.



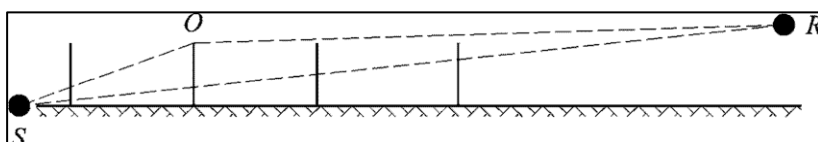
Figuur 2.5.h, Geluidsstraal die vier keer in een baan in een open tunnelbak wordt gereflecteerd: werkelijk dwarsprofiel (boven), opgevouwen dwarsdoorsnede (onder)

In deze afbeelding bereikt de geluidsstraal het waarnemepunt 'door achtereenvolgens door de steunmuren van de open tunnelbak te gaan', die daarom met openingen kunnen worden vergeleken.

Bij de berekening van voortplanting door een opening is het geluidsveld op het waarnemepunt de som van het directe veld en het door de randen van de opening gediffracteerd veld. Dit gediffracteerd veld zorgt voor de continuïteit van de overgang tussen het gebied met direct zicht en het schaduw gebied. Wanneer de straal de rand van de opening nadert, wordt het directe veld gedempt. De berekening is identiek aan die van de demping door een geluidscherm in het vrije gebied.

Het padverschil δ' in verband met elke retro-diffractie is het tegenovergestelde van het padverschil tussen $\underline{SS}$ en $\underline{RR}$ relatief op elke bovenrand $\underline{OO}$, en dit in een weergave volgens een ingezette dwarsdoorsnede (zie figuur 2.5.i).

$$\delta' = -(\underline{SO} + \underline{OR} - \underline{SR}) \delta' = -(\underline{SO} + \underline{OR} - \underline{SR}) \quad (2.5.35)$$



Figuur 2.5.i, Het padverschil voor de tweede reflectie

Het 'min'-teken van vergelijking (2.5.35) betekent dat het waarnemepunt hier in het gebied met direct zicht in aanmerking wordt genomen.

Demping via retro-diffractie Δ_{retrodif} wordt verkregen met behulp van vergelijking (2.5.36), die lijkt op vergelijking (2.5.21) met bewerkte notaties.

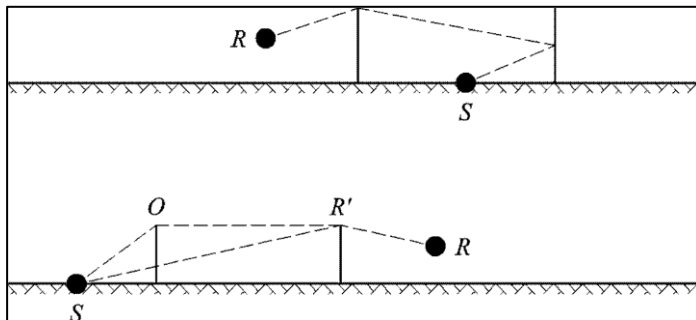
$$\Delta_{\text{retrodif}} = \begin{cases} 10 \lg \left(3 + \frac{40}{\lambda} \delta' \right) & \text{als } \frac{40}{\lambda} \delta' \geq -2 \\ 0 & \text{anders} \end{cases} \quad (2.5.36)$$

Deze demping wordt toegepast op de rechtstreekse straal telkens wanneer die 'door' een muur of gebouw gaat (reflecteert). Het vermogensniveau van de spiegelbron $\underline{S'-S'}$ wordt dus:

$$\underline{L_{W'}} = \underline{L_W} + 10 \lg(1 - \alpha_r) - \Delta_{\text{retrodif}} \underline{L_{W'}} = \underline{L_W} + 10 \lg(1 - \alpha_r) - \Delta_{\text{retrodif}} \quad (2.5.37)$$

In complexe voortplantingsconfiguraties kunnen diffracties tussen reflecties of tussen het waarnemepunt en de reflecties bestaan. In dit geval wordt de retro-diffractie door de wanden geschat door het pad tussen de bron en het eerste diffractie punt $\underline{R'R'}$ (dat derhalve in vergelijking

(2.5.35) als het waarneempunt wordt beschouwd) in aanmerking te nemen. Dit beginsel wordt weergegeven in figuur 2.5.j.



Figuur 2.5.j, Het padverschil in de aanwezigheid van een diffractie: werkelijke dwarsdoorsnede (boven), opgevouwen dwarsdoorsnede (onder)

In het geval van meerdere reflecties worden de reflecties door elke individuele reflectie toegevoegd.

Wanneer er een reflecterend geluidscherm of reflecterend obstakel in de buurt van het spoor is, worden de geluidsstralen van de bron achtereenvolgens gereflecteerd door dit obstakel en door het zijvlak van het spoorvoertuig. Onder deze omstandigheden gaan de geluidsstralen tussen het obstakel en de carrosserie van het spoorvoertuig door voordat ze van de bovenrand van het obstakel worden afgebogen.

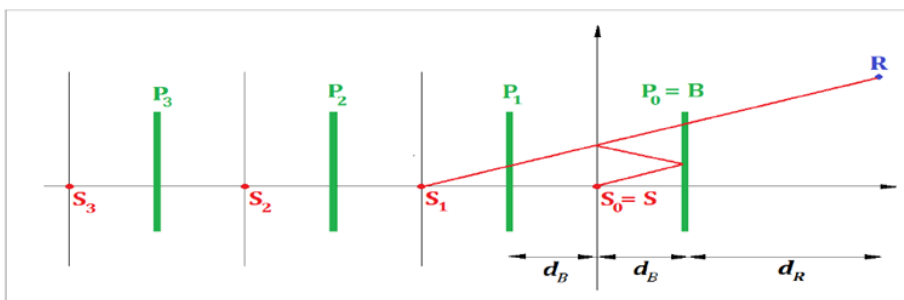
Om rekening te houden met meerdere reflecties tussen een spoorwegvoertuig en een nabijgelegen obstakel, wordt het geluidsvermogen van een enkele equivalente bron berekend. In deze berekening worden grondeffecten genegeerd.

Voor het afleiden van het geluidsvermogen van de equivalente bron gelden de volgende definities:

- De oorsprong van het coördinatensysteem is de linker railkop
- Een echte bron bevindt zich op S ($d_s=0$, h_s), waarbij h_s de hoogte van de bron ten opzichte van de railkop is
- Het vlak $h=0$ definieert de carrosserie van het voertuig
- Een verticaal obstakel met de bovenkant bij B (d_B , h_B)
- Een waarneempunt dat zich bevindt op een afstand $d_R > 0$ achter het obstakel waar R de coördinaten (d_B+d_R , h_R) heeft

De binnenzijde van het obstakel heeft absorptiecoëfficiënten $\alpha(f)$ per octaafband. De carrosserie van het spoorvoertuig heeft een equivalente reflectiecoëfficiënt C_{ref} . Normaal gesproken is C_{ref} gelijk aan 1. Alleen in het geval van open, platte goederenwagons kan een waarde van 0 worden gebruikt. Als $d_B > 5h_B$ of $\alpha(f) > 0,8$ is, wordt er geen rekening gehouden met de interactie van de trein en het scherm.

In deze configuratie kunnen meerdere reflecties tussen de carrosserie van het spoorvoertuig en het obstakel worden berekend met behulp van spiegelbronnen die zich op $S_n(d_n = -2n \cdot d_B$, $h_n = h_s$), $n=0,1,2,...N$ bevinden; zoals weergegeven in figuur 2.5.k.



figuur 2.5.k. Weergave van de modellering meervoudige reflecties tussen trein en geluidscherm.

Het geluidsvermogen van de equivalente bron wordt uitgedrukt door:

$$L_{W,eq} = 10 \lg \left(\sum_{n=0}^N 10^{L_{W,n}/10} \right) \quad (2.5.38)$$

Waar het geluidsvermogen van de gedeeltelijke bronnen wordt verkregen door:

$$L_{W,n} = L_W + \Delta L_{geo,n} + \Delta L_{dif,n} + \Delta L_{abs,n} + \Delta L_{ref,n} + \Delta L_{retrodif,n} \quad (2.5.39)$$

Met:

L_W	het geluidsvermogen van de echte bron
$\Delta L_{geo,n}$	een correctieterm voor geometrische uitbreiding
$\Delta L_{dif,n}$	een correctieterm voor diffractie door de bovenkant van het obstakel
$\Delta L_{abs,n}$	een correctieterm voor de absorptie aan de binnenzijde van het obstakel
$\Delta L_{ref,n}$	een correctieterm voor de reflectie van de carrosserie van het spoorvoertuig
$\Delta L_{retrodif,n}$	een correctieterm voor de eindige hoogte van het obstakel als een reflecterend object

De correctie voor geometrische uitbreiding wordt verkregen door

$$\Delta L_{geo,n} = 20 \lg \left(\frac{r_0}{r_n} \right) \quad (2.5.40)$$

$$r_n = |S_n R| = \sqrt{(d_n - (d_b + d_R))^2 + (h_n - h_R)^2} \quad (2.5.41)$$

De correctie voor diffractie door de bovenkant van het obstakel wordt verkregen door (2.5.42):

$$\Delta L_{dif,n} = D_0 - D_n \quad (2.5.42)$$

Waarbij D_n de demping door diffractie is, berekend met formule (2.5.21) waarin $C'' = 1$ voor het pad dat de bron S_n verbindt met het waarneempunt R , rekening houdend met diffractie aan de bovenkant van het obstakel B :

$$\Delta L_{dif,n} = 10 \cdot n \cdot \lg \left(\frac{|S_n B| + |BR| - |S_n R|}{|S_n B| + |BR|} \right) \quad (2.5.43)$$

De correctie voor absorptie aan de binnenzijde van het obstakel wordt verkregen door:

$$\Delta L_{abs,n} = 10 \cdot n \cdot \lg (1 - \alpha) \quad (2.5.44)$$

De correctie voor de reflectie van de carrosserie van het spoorvoertuig wordt verkregen door:

$$\Delta L_{ref,n} = 10 \cdot n \cdot \lg(C_{ref}) \quad \Delta L_{ref,n} = 10 \cdot n \cdot \lg(C_{ref}) \quad (2.5.45)$$

De correctie voor de eindige hoogte van het reflecterend obstakel wordt door middel van retro-diffractie in aanmerking genomen. Het straalpad dat overeenkomt met een afbeelding in de orde van $N > 0$ wordt n maal gereflecteerd door het obstakel. In de dwarsdoorsnede vinden deze reflecties plaats op de afstanden $d_i = -(2i - q)d_b$, $i = 1, 2, \dots, n$. Met P_i ($d = d_i$, $h = h_b$), $i = 1, 2, \dots, n$ als de bovenkant van deze reflecterende oppervlakken. Op elk van deze punten wordt een correctieterm berekend als:

$$\Delta L_{retrodif,n} = \begin{cases} -\sum_{i=1}^n \Delta L_{retrodif,n,i} & \text{als } n > 0 \\ 0 & \text{als } n = 0 \end{cases} \quad (2.5.46)$$

Waarbij $\Delta L_{retrodif,n,i}$ wordt berekend voor een bron op positie S_n , de bovenkant van een obstakel op P_i en een waarneempunt op positie R' . De positie van het equivalente waarneempunt R' wordt verkregen door $R' = R$ als het waarneempunt zich boven de zichtlijn van S_n van naar B bevindt; anders wordt de positie van het equivalente waarneempunt ingenomen op de zichtlijn verticaal boven het echte waarneempunt; dat zijn

$$d_{R'} = d_R d_{R'} = d_R \quad (2.5.47)$$

$$h_{R'} = \max\left(h_R, h_B \frac{d_B + d_R - d_n}{d_B - d_n}\right) \quad (2.5.48)$$

2.6 Blootstelling aan lawaai

Bepaling van het aan lawaai blootgestelde gebied

De beoordeling van het aan lawaai blootgestelde gebied is gebaseerd op geluidsbeoordelingspunten op $4 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ boven de grond, die overeenkomen met de in paragraaf 2.5 gedefinieerde waarneempunten, berekend op een raster voor afzonderlijke bronnen

Voor de rasterpunten die zich binnen een gebouw bevinden wordt een geluidsniveau toegekend dat gelijk is aan dat van het stilste nabijgelegen geluidswaarneempunt buiten dat gebouw.

Afhankelijk van de rasterresolutie wordt aan elk berekeningspunt in het raster het bijbehorende oppervlak toegewezen. Bijvoorbeeld, met een raster van $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ vertegenwoordigt elk beoordelingspunt een oppervlakte van 100 m^2 die wordt blootgesteld aan het berekende geluidsniveau.

Toewijzing van geluidsbeoordelingspunten aan gebouwen die geen woningen bevatten

De beoordeling van de blootstelling aan lawaai van gebouwen die geen woningen bevatten, zoals scholen en ziekenhuizen, is gebaseerd op geluidsbeoordelingspunten op $4 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ boven de grond, die overeenkomen met de in paragraaf 2.5 bepaalde waarneempunten.

Voor de beoordeling van gebouwen die geen woningen bevatten worden de waarneempunten op ongeveer $0,1 \text{ m}$ voor de gevels van de gebouwen geplaatst. Reflecties van de desbetreffende gevel wordt bij de berekening buiten beschouwing gelaten. Het gebouw wordt vervolgens in verband gebracht met het waarneempunt op de gevels met de hoogste geluidsbelasting.

Bepaling van de geluidsbelasting waaraan woningen en bewoners worden blootgesteld

Voor de beoordeling van geluidsbelasting van de bevolking worden alleen woongebouwen in aanmerking genomen. Er worden geen personen toegewezen aan andere gebouwen die niet als woning worden gebruikt, zoals scholen, ziekenhuizen, kantoorgebouwen of fabrieken.

Bepaling van het aantal inwoners van een gebouw

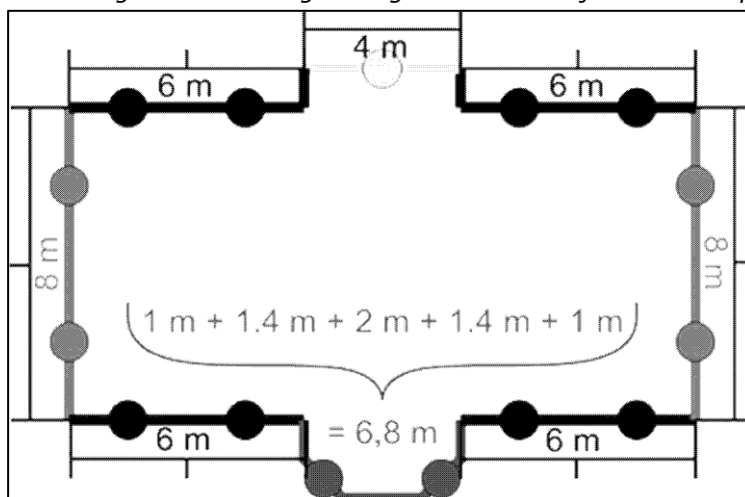
Het aantal inwoners per wooneenheid is gelijk aan de 'gemiddelde huishoudensgrootte' volgens de meest recente publicatie van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Het aantal inwoners per gebouw is de som van het aantal inwoners van alle wooneenheden in het gebouw.

Toewijzing van geluidsbeoordelingspunten aan woningen en bewoners

De beoordeling van de blootstelling aan geluidsbelasting van woningen en bewoners is gebaseerd op geluidsbeoordelingspunten op $4\text{ m} \pm 0,2\text{ m}$ boven de grond, die overeenkomen met de in paragraaf 2.5, gedefinieerde waarneempunten.

Om voor de geluidsbronnen wegen, spoorwegen en industrie het aantal woningen en bewoners te berekenen, worden waarneempunten op ongeveer 0,1 m voor de gevels van woongebouwen geplaatst. Reflecties van de desbetreffende gevel worden bij de berekening buiten beschouwing gelaten. Voor het plaatsen van de waarneempunten wordt een van onderstaande twee procedures gebruikt.

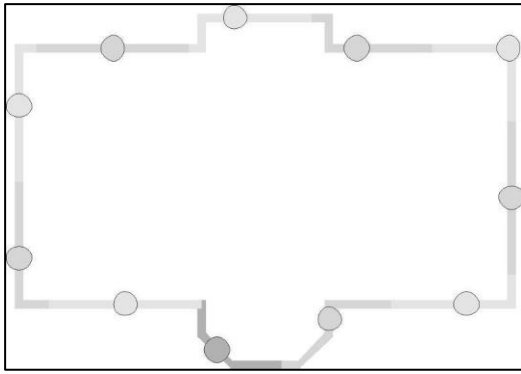
Geval 1: gevels die in regelmatige intervallen zijn verdeeld op elke gevel



Figuur 2.6 a, Voorbeeld van waarneemlocaties in de omgeving van een gebouw volgens de geval-1-procedure

- Segmenten van meer dan 5 m lengte worden verdeeld in regelmatige intervallen met de langst mogelijke lengte, maar minder dan of gelijk aan 5 m. Waarneempunten worden in het midden van elk regelmatig interval geplaatst.
- Overige segmenten van meer dan 2,5 m lengte worden door één waarneempunt in het midden van elk segment weergegeven.
- Overige aangrenzende segmenten met een totale lengte van meer dan 5 m worden als polylijn-objecten behandeld op een wijze die vergelijkbaar is met die welke in a) en b) wordt beschreven.

Geval 2: gevels op vaste afstand verdeeld van het begin van de veelhoek



Figuur 2.6b, Voorbeeld van waarneemlocaties in de omgeving van een gebouw volgens de geval-2-procedure

- a) Gevels worden afzonderlijk beschouwd of vanaf de startpositie om de 5 m verdeeld, waarbij een waarneempositie halverwege de gevel of het 5 m-segment wordt geplaatst.
- b) Het waarneempunt van het resterende deel bevindt zich in het middelpunt daarvan.

Toewijzing van woningen en bewoners aan waarneempunten

Wanneer informatie over de locatie van woningen binnen de voetafdruk van het gebouw beschikbaar is, worden die woningen en bewoners toegewezen aan het waarneempunt op de meest blootgestelde gevel van die woning. Het kan hierbij bijvoorbeeld gaan om vrijstaande woningen, twee-onder-een-kap- en terraswoningen, of flatgebouwen, waarbij de interne indeling van het gebouw bekend is, of voor gebouwen met een vloeroppervlakte die een enkele woning per verdieping aangeeft, of voor gebouwen met een vloeroppervlakte en -hoogte die een enkele woning per gebouw aangeeft. Wanneer er geen informatie beschikbaar is over de locatie van woningen binnen de voetafdruk van het gebouw, zoals hierboven uitgelegd, wordt een van de twee volgende methoden gebruikt om per gebouw de blootstelling aan lawaai van de woningen en de bewoners in de gebouwen te schatten.

- a) a) Uit de beschikbare informatie blijkt dat de woningen in een flatgebouw zo zijn ingedeeld dat ze een enkele gevel hebben die aan lawaai wordt blootgesteld.

In dit geval wordt de toewijzing van het aantal woningen en bewoners aan waarneempunten gewogen op basis van de lengte van de vertegenwoordigde gevel volgens de procedure van geval 1 of geval 2, zodat de som van alle waarneempunten het totale aantal woningen en bewoners die aan het gebouw zijn toegewezen, vertegenwoordigt.

- b) b) Uit de beschikbare informatie blijkt dat woningen in een flatgebouw zo zijn ingedeeld dat er meer dan een enkele gevel aan lawaai wordt blootgesteld, of dat er geen informatie beschikbaar is over het aantal gevels van de woningen dat aan lawaai wordt blootgesteld.

In dit geval wordt voor elk gebouw de reeks van bijbehorende waarneemlocaties verdeeld in een onderste en bovenste helft op basis van de mediaanwaarde⁵ van de berekende beoordelingsniveaus voor elk gebouw. In het geval van een oneven aantal waarneempunten wordt de procedure toegepast met uitzondering van de waarneemlocatie met het laagste geluidsniveau.

Voor elk waarneempunt in de bovenste helft van de gegevensreeks wordt het aantal woningen en de bewoners gelijkelijk verdeeld, zodat de som van alle waarneempunten in de bovenste helft van de gegevensreeks het totale aantal woningen en bewoners vertegenwoordigt. Er worden geen woningen of bewoners toegewezen aan de waarneempunten in de onderste helft van de gegevensreeks¹.

¹ De onderste helft van de gegevensreeks kan worden gelijkgesteld met de aanwezigheid van relatief rustige gevels. Als vooraf bekend is, bijvoorbeeld op basis van de locatie van gebouwen ten opzichte van de dominante geluidsbronnen, welke meetpuntlocaties plaats zullen maken voor de hoogste/laagste geluidsniveaus, is het niet nodig om het geluid voor de onderste helft te berekenen.

BIJLAGE XXXIX BIJ ARTIKEL 17.6 (GEWIJZIGDE ACTUELE LIGGING OF CONFIGURATIE VAN EEN SPOORWEG)

Rekening houden met de actuele ligging of configuratie van een spoorweg bij wijziging van geluidproductieplafonds op grond van artikel 12.5 van het Besluit kwaliteit leefomgeving (eerste geluidproductieplafonds voor hoofdspoorwegen met het geluid door spoorvoertuigen op spoorwegemplacements)

1. Indien de ligging of configuratie van een spoorweg, zoals deze blijkt uit de geluidbrongegevens welke zijn opgenomen in het geluidregister, afwijkt van de daadwerkelijke of geprojecteerde ligging of configuratie van die spoorweg, kan bij berekening van geluidproductieplafonds ingevolge artikel 12.5 van het Besluit kwaliteit leefomgeving gebruik gemaakt worden van gegevens die overeenkomen met die daadwerkelijke of geprojecteerde ligging of configuratie van de spoorweg.
 2. Wanneer gebruik gemaakt wordt van gegevens die overeenkomen met die daadwerkelijke of geprojecteerde ligging of configuratie van de spoorweg dienen op de hieronder beschreven wijze op nieuwe of veranderde geluidbronregisterlijnen de overige relevante geluidbrongegevens te worden aangepast of toegevoegd.
 3. Er zijn drie situaties waar deze werkwijze van toepassing kan zijn:
 - a. verwijdering van geluidbronregisterlijnen;
 - b. toevoeging van geluidbronregisterlijnen;
 - c. gewijzigde ligging van geluidbronregisterlijnen.
 4. In de hierboven genoemde situaties worden de volgende te wijzigen geluidbrongegevens in het akoestisch onderzoek meegenomen:
 - a. de geluidbrongegevens, bedoeld in artikel 3.19, onder a, c, f en i, van de Omgevingsregeling;
 - b. de geluidbrongegevens, bedoeld in artikel 3.19, onder a, b, c, d, e, f en i, van de Omgevingsregeling;
 - c. de geluidbrongegevens, bedoeld in artikel 3.19, onder c en i, van de Omgevingsregeling.
- Hierbij geldt dat de intensiteitsgegevens bij de bestaande geluidproductieplafonds worden herverdeeld over de daadwerkelijke of geprojecteerde geluidbronregisterlijnen.
5. Wanneer de gebruikmaking van gewijzigde geluidbrongegevens, die overeenkomen met die daadwerkelijke of geprojecteerde ligging of configuratie van de spoorweg, leidt tot een toename van de geluidproductie op een of meerdere referentiepunten ten opzichte van het geldende geluidproductieplafond, wordt deze toename gecompenseerd door de plafondcorrectiewaarde zodanig naar beneden bij te stellen dat niet langer sprake is van een dergelijke toename op de betreffende referentiepunten.
 6. Nadat de plafondcorrectiewaarde is bepaald, worden de intensiteitsgegevens die horen bij het toegestane geluid door spoorvoertuigen op het emplacement, verdeeld over de daadwerkelijke of geprojecteerde geluidbronregisterlijnen, en worden de geluidproductieplafonds berekend.
 7. Het rapport van het akoestisch onderzoek voor het gpp-besluit bevat tenminste de geluidbrongegevens uit stap 4, 5 en 6 die op grond van deze bijlage zijn toegepast bij het berekenen van de geluidproductieplafonds.