adecs airinfra consultants

CE Delft
Committed to the Environment

Maatregelen nachtbewegingen Schiphol

Kosteneffectiviteit

adecs
airinfra consultants

Maatregelen nachtbewegingen Schiphol

Kosteneffectiviteit

Colofon

Opdrachtgever	:	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Bestemd voor	:	S.P. Groenleer en J. Meijer
Auteur(s)	:	Adecs Airinfra Consultants & CE Delft
Datum	:	25 mei 2022
Ons kenmerk	:	i&w220202rap/rH/kd
Versie	:	1.0 - Definitief
Opgesteld door	:	Adecs Airinfra Consultants BV
Adres	:	WTC Den Haag | Toren C | 8e etage Prinses Beatrixlaan 542 | 2595 BM | Den Haag
Telefoon	:	+31 (0)85 00 711 00
E-mail	:	info@airinfra.eu
Website	:	www.airinfra.eu
KvK nummer	:	54629179

Zonder voorafgaande, schriftelijke toestemming van de opdrachtgever of Adecs Airinfra Consultants BV is het niet toegestaan deze uitgave of delen ervan te vermenigvuldigen of op enige wijze openbaar te maken.

Samenvatting

Vanwege het geluid veroorzaakt de huidige nachtoperatie van Schiphol ernstige slaapverstoring bij omwonenden. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) heeft om deze reden aangegeven dat het aantal slaapverstoorden verminderd moet worden en heeft Adecs Airinfra Consultants en CE Delft opdracht gegeven om te onderzoeken wat de economische gevolgen hiervan zouden zijn. Dit onderzoek richt zich op een selectie maatregelen die betrekking hebben op stappen 1 tot en met 3 van de Balanced Approach. Het onderzoek richt zich op de kosteneffectiviteit van deze maatregelen in vergelijking met die van de nachtreductiescenario's uit een voorgaand onderzoek [ref. 2]. De te onderzoeken maatregelen zijn:

1) Vlootvernieuwing
2) Weren meest lawaaiige vliegtuigen
3) Een bredere toepassing van de CDA-procedure in de nacht
4) Woningen saneren
5) Woningen isoleren

Per maatregel is het volgende onderzocht:

- Het geluidseffect in de nacht, uitgedrukt in het aantal woningen en slaapverstoorden binnen respectievelijk de 48 dB(A) L_{night} en 40 dB(A) L_{night}-contour.
- De kosten, gelet op de (hub)operatie/netwerkkwaliteit en de gevolgen voor vracht-, low cost en leisure vluchten: concurrentiepositie van Schiphol ten opzichte van buitenlandse luchthavens, mate van verplaatsing van vluchten/passagiers/vracht naar buitenlandse luchthavens, werkgelegenheidseffecten op Schiphol en de netwerkkwaliteit.

Het geluidseffect en de kosteneffectiviteit worden vergeleken met de referentiesituatie MER NNHS (in voorgaand onderzoek nog verwezen als MER 2018) en de drie nachtreductiescenario's uit het voorgaande onderzoek, namelijk 29.000, 27.000 en 25.000 nachtbewegingen. Alle resultaten zijn overzichtelijk weergegeven in tabel 1. Hoofstuk 6 beschrijft hoe vervolg gegeven kan worden aan dit onderzoek.

Tabel 1 Overzicht resultaten.

Maatregel	Variant	Woningen	ESV[1]	Totale kosten in mln. €	Jaarlijkse kosten in mln. €	Kosten-effectiviteit in €[2]
Referentie MER NNHS	-	7.800	28.700	-	-	-
Nachtreductie	29.000	6.800	26.200	-	7,40-10,9	2.900-4.000
	27.000	5.800	24.700	-	18,0-26,2	4.500-6.200
	25.000	5.200	23.100	-	33,0-47,1	5.900-8.000
Maatregel 1 *Vlootvernieuwing*	2025	6.500	25.100	-	-	-
	2030	4.900	21.800	-	-	-
Maatregel 2 *Weren lawaaiige vliegtuigen*	Zacht	6.200	24.600	1.300	126,0[3]	31.000
	Hard	5.100	22.100	4.670	454,0[3]	69.000
Maatregel 3 *Bredere toepassing CDA*	Zacht	7.900	28.400	-	-	-
	Hard	7.800	27.600	-	-	-
Maatregel 4 *Sanering*	29.000	5.100[4]	26.200	2.650	139,0	56.000
	27.000	9.500[4]	24.700	4.900	257,0	64.000
	25.000	14.700[4]	23.100	7.450	392,0	70.000
Maatregel 5 *Isolatie 5 dB*	29.000	3.400[5]	26.200	220	12,0	5.000
	27.000	4.300[5]	24.700	280	15,0	4.000
	25.000	4.800[5]	23.100	310	16,0	3.000

[1] *ernstig slaapverstoorden*
[2] *kosteneffectiviteit staat voor het aantal euro's per verminderde slaapverstoorden per jaar*
[3] *jaarlijkse kosten gebaseerd op eenmalige kosteninvestering*
[4] *te saneren woningen om aantal slaapverstoorden van nachtreductievariant te behalen*
[5] *te isoleren woningen om aantal slaapverstoorden van nachtreductievariant te behalen*

Maatregel 1: Vlootvernieuwing

Wanneer men uitgaat van een constante vlootvernieuwing[1] over de jaren, het aantal nachtvluchten gelijk blijft en de gemiddelde grootte van de vliegtuigen gelijk blijft, zal het aantal ernstig slaapverstoorden afnemen. Met een dergelijke constante vlootvernieuwing kan men in 2030 een lager aantal ernstig slaapverstoorden en aantal woningen realiseren dan in het nachtscenario met 25.000 vliegtuigbewegingen, zie tabel 2 voor de bijbehorende resultaten. Wanneer de vlootvernieuwing versneld zou (kunnen) worden, zou een grotere reductie in het aantal ernstig slaapverstoorden mogelijk zijn. Het ontbreekt echter aan beleidsinstrumenten om een snellere vlootvernieuwing af te dwingen.

Geluidswinst die volgt uit de vlootvernieuwing kan ook worden gebruikt om grotere vliegtuigen in te zetten, met als mogelijk gevolg dat het aantal slaapverstoorden gelijk blijft aan de referentiesituatie. Vlootvernieuwing kan alleen blijvend ten goede komen aan het aantal slaapverstoorden mits een (harde) grenswaarde juridisch wordt vastgesteld. Schiphol is slotgereguleerd en maatschappijen hebben zelf de keuze voor het in te zetten vliegtuigtype. Een juridische borging voor het in te zetten vliegtuigtype is daarom niet mogelijk. Directe sturing (vanuit bijvoorbeeld het ministerie) op vlootvernieuwing is wellicht niet mogelijk, maar de (on)mogelijkheden rondom indirecte sturing zou nader onderzocht kunnen worden.

Tabel 2 Resultaten van maatregel 1.

Scenario	Ernstig slaapverstoorden 40 dB(A) L_{night}	Woningen 48 dB(A) L_{night}
Maatregel 1 – Vlootvernieuwing, 2025	25.100	6.500
Maatregel 1 – Vlootvernieuwing, 2030	21.800	4.900

De kosten voor vlootvernieuwing zijn niet in te schatten. Ook is vlootvernieuwing een proces wat zich voltrekt binnen de bedrijfsvoering van de luchtvaart en daarmee zijn er geen bijkomende kosten, afhankelijk van de gewenste vermindering in geluidsbelasting over een periode.

Maatregel 2: Weren meest lawaaiige vliegtuigen

Een relatief beperkt aantal vliegtuigen veroorzaakt 's nachts een relatief groot deel van de geluidsoverlast. Door deze vliegtuigen te weren, kan de geluidsoverlast worden verminderd. Maatregel 2 faseert de lawaaiigste toestellen uit (in termen van cumulatief geluidsniveau en cumulatieve geluidsmarge). Vliegtuigtypen zoals de Boeing 747-400, de Airbus A300-600 en de Boeings 737-400 en 737-300 mogen dan 's nachts niet meer opstijgen of landen. Er zijn twee varianten van deze maatregel. De zachte variant vervangt deze toestellen door het meest voor de hand liggende nieuwe toestel, de harde variant vervangt deze toestellen door toestellen die aan de nieuwe strengere geluidsnorm voldoen, ook als daarvoor een ander type toestel nodig is.

Het harde scenario zorgt voor een positiever resultaat in termen van hinder. Het harde scenario heeft een lager aantal ernstig slaapverstoorden en aantal woningen dan de nachtreductie naar 25.000 vliegtuigbewegingen. Het zachte scenario toont een milder positief beeld, vergelijkbaar met de nachtreductie naar 27.000 vliegtuigbewegingen, zie tabel 3. Evenals bij maatregel 1 zou een juridische borging wenselijk zijn (bijvoorbeeld een harde grenswaarde) om de vervanging ook daadwerkelijk ten goede te laten komen van de omwonenden.

[1] 0,2 dB(A) voor starts en 0,1 dB(A) voor landingen per jaar

Tabel 3 Resultaten van maatregel 2.

Scenario	Ernstig slaapverstoorden 40 dB(A) L_{night}	Woningen 48 dB(A) L_{night}
Scenario zacht	24.600	6.200
Scenario hard	22.100	5.100

De vervanging van de meest lawaaiige vliegtuigen heeft in het *harde scenario* een kosteneffectiviteit van € 69.000 per verminderde slaapverstoorde en een totaal geraamd kostenplaatje van € 4,7 miljard (overeenkomstig € 454 miljoen per jaar). Het resulterende aantal slaapverstoorden is hoger dan in het scenario van maximaal 25.000 nachtvluchten en kan daarom het beste met de kosteneffectiviteit van 25.000 vergeleken worden. In het *scenario zacht* heeft deze maatregel een kosteneffectiviteit van € 31.000 per verminderde slaapverstoorde en een totaal geraamd kostenplaatje van € 1,3 miljard voor de luchtvaartmaatschappijen (overeenkomstig met € 126 miljoen per jaar). Het aantal slaapverstoorden is ongeveer gelijk aan het aantal in het scenario van maximaal 27.000 nachtvluchten en kan daarom het beste met de kosteneffectiviteit van 27.000 vergeleken worden.

Maatregel 3: Bredere toepassing Continous Descent Approach

Wanneer vliegtuigen geleidelijk dalen veroorzaken ze minder geluidsoverlast dan wanneer ze, zoals gewoonlijk, getrapt dalen. Een bredere toepassing van de zogenaamde Continuous Descent Approach (CDA) vermindert dus de geluidsoverlast. Binnen deze maatregel zijn twee scenario's berekend: één waarbij alle landingen in de nacht de CDA-procedure volgen (scenario hard) en één waarbij de piekperiode aan het einde van de nacht (06:40-07:00 uur) ongewijzigd blijft ten opzichte van de referentiesituatie, maar de rest van de nacht wel de CDA-procedure volgt (scenario zacht). Tabel 4 toont de resultaten voor de twee varianten.

Tabel 4 Resultaten maatregel 3 – bredere toepassing CDA.

Scenario	Ernstig slaapverstoorden 40 dB(A) L_{night}	Woningen 48 dB(A) L_{night}
Scenario zacht	28.400	7.900
Scenario hard	27.600	7.800

In de referentiesituatie volgde tussen 23:00 en 06:40 uur al gemiddeld 85% van landingen de CDA-procedure. De potentiële geluidswinst door alle landingen volgens de CDA-procedure te laten opereren is daardoor beperkt. Dit blijkt ook uit de resultaten. Verder valt op dat in het zachte scenario er op het gebied van hinder weliswaar winst wordt gemaakt, maar dat het aantal woningen juist stijgt. Dit komt doordat een CDA-procedure op grotere afstand van de luchthaven zorgt voor een andere of hogere geluidsbelasting. Het aantal woningen dichter bij de luchthaven (met een hoger hinderpercentage) krijgen te maken met een lagere geluidsbelasting wat een lager hinderpercentage tot gevolg heeft. Het aantal woningen verder van de luchthaven (met een lager hinderpercentage) stijgt juist door een andere of toenemende geluidsbelasting. Bij elkaar daalt daarmee dus niet het aantal woningen, maar wel het aantal ernstig slaapverstoorden. Deze maatregel komt in relatie tot de eerste twee maatregelen niet in de buurt van de nachtreductie.

De kosten voor een bredere uitvoering van CDA vallen naar verwachting voor rekening van de LVNL. De kosten zullen waarschijnlijk worden beperkt tot operationele kosten van de verkeersleiding. Wij nemen aan dat het uitvoeren van deze maatregel niet zal leiden tot capaciteitsproblemen voor de aanvlieg- en opstijgroutes rondom Schiphol tijdens de nachtvluchten.

Maatregel 4: Woningen saneren

Wanneer er minder woningen binnen de geluidscontouren liggen, neemt ook het aantal ernstig slaapverstoorden af. Deze maatregel saneert zoveel woningen dat het aantal ernstig slaapverstoorden overeenkomt met het aantal bij respectievelijk 29.000, 27.000 en 25.000 nachtvluchten. In het rekenmodel worden de woningen binnen de contouren van de referentiesituatie gesaneerd van hoog naar laag in termen van L_{night}-geluidsbelasting. Tabel 5 geeft voor de referentiesituatie het aantal woningen weer dat gesaneerd zou moeten worden om op een gelijk aantal ernstig slaapverstoorden als de nachtreductiescenario's uit te komen. Hierbij wordt verondersteld dat de nieuwe huisvesting zich niet elders binnen de 40 dB(A) L_{night}-contour zal plaatsvinden. Een groot aantal van de te saneren woningen bevindt zich onder de aanvliegroutes van de Buitenveldertbaan (zie figuur 2 op pagina 18).

Tabel 5 Aantal gesaneerde woningen per nachtreductiescenario.

Scenario	Ernstig slaapverstoorden 40 dB(A) L_{night}	Woningen saneren
Nachtreductie 29.000	26.200	5.100
Nachtreductie 27.000	24.700	9.500
Nachtreductie 25.000	23.100	14.700

De kosteneffectiviteit van deze maatregel bedraagt jaarlijks per verminderde slaapverstoorde € 56.000 euro voor het 29.000 scenario (totaal geraamd kostenplaatje van € 2,6 miljard, overeenkomstig met jaarlijks € 139 miljoen) tot € 70.000 euro in het 25.000 scenario (totaal geraamd kostenplaatje van € 7,4 miljard, overeenkomstig met jaarlijks € 392 miljoen). De kosten van deze maatregel zijn eenmalig zeer hoog.

Maatregel 5: Woningen isoleren

Om het aantal slaapverstoorden te verminderen, is het ook mogelijk om de geluidsisolatie van woningen te verbeteren. Voor deze maatregel zijn er meerdere varianten bekeken. De woningen uit het woningbestand zijn 'geïsoleerd' met 1-5 dB(A) totdat het aantal ernstig slaapverstoorden is bereikt van de nachtreductiescenario's. Tabel 6 toont per isolatiepakket het aantal woningen dat geïsoleerd moet worden om het aantal ernstig slaapverstoorden gelijk te brengen met de nachtreductiescenario's. De stappen 1-4 zijn voornamelijk indicatief. De verwachting is dat een isolatie van minder dan 5 dB nauwelijks waarneembaar is voor bewoners.

Tabel 6 Aantal geïsoleerde woningen per isolatiepakket en per nachtreductiescenario.

Mate van isolatie slaapruimte	Geïsoleerde woningen nachtreductie-scenario 29.000	Geïsoleerde woningen nachtreductie-scenario 27.000	Geïsoleerde woningen nachtreductie-scenario 25.000
1 dB	81.100	89.800	98.200
2 dB	31.300	48.000	54.000
3 dB	9.900	18.800	24.000
4 dB	5.000	8.400	9.700
5 dB	3.400	4.300	4.800

Deze manier van isoleren kan ertoe leiden dat een bepaald huis wel geïsoleerd wordt, maar een aangrenzend huis niet, omdat het doel (het aantal ernstig slaapverstoorden) al is behaald. In de werkelijkheid is dit wellicht niet realistisch. Deze resultaten geven daarom een indicatie van de aantallen woningen per isolatiepakket wil men hetzelfde resultaat behalen als in de nachtreductiescenario's. Ook

gaan we hierbij ervan uit dat men slaapt met de ramen dicht. In het geval men slaapt met een raam open, zal isolatie niet het gewenste effect hebben.

Verder is het ook belangrijk om op te merken dat de mate van isolatie niet meegenomen wordt in de handhaving. Het gaat immers om de geluidswaarde op de buitengevel van een woning die telt. Daarmee is het onderzoeken van het effect van isolatie voornamelijk ter indicatie. Wellicht is het naar de omgeving toe wel wenselijk om isolatiemaatregelen te treffen, maar dit zal dus niet van invloed zijn op de handhaving.

De kosten voor deze maatregel bedragen tussen de € 220 miljoen en € 310 miljoen. Om deze kosten te kunnen vergelijken worden deze omgezet naar jaarlijkse kosten: met een afschrijvingstermijn voor maatschappelijke kosten van 25 jaar bedragen de kosten € 12 tot € 16 miljoen per jaar. De kosteneffectiviteit per verminderde slaapverstoorde ligt respectievelijk tussen € 5.000 en € 3.000 euro per jaar. Dit bedrag is echter zeer afhankelijk van de precieze invulling van een isolatieprogramma voor de in aanmerking komende huizen.

Summary

The noise of the flight operations at Schiphol Airport during the night causes severe sleep disturbance for residents. For this reason, the Ministry of Infrastructure and Water Management (IenW) has indicated that the number of people suffering from sleep disturbance must be reduced and asked what the consequences would be for the economic function of the airport. This study focused on a selection of measures related to the Balanced Approach. The ministry asked Adecs Airinfra Consultants and CE Delft to assess the cost effectiveness of these measures and compare them with those of the night-time reduction scenarios [ref. 2]. The measures comprise of:

1) Fleet renewal
2) Phase out noisiest aircraft
3) Wider implementation of the CDA procedures at night
4) Remove dwellings
5) Insulate dwellings

For each measure the following has been investigated:

- The noise impact at night, expressed in the number of dwellings within the 48 dB(A) L_{night} and the number of severely sleep disturbed within the 40 dB(A) L_{night}.
- The costs, considering the (hub) operation/network quality and the consequences for cargo, low cost and leisure flights: competitive position of Schiphol Airport compared to foreign airports, degree of relocation of flights/passengers/cargo to foreign airports, employment effects at Schiphol Airport and the quality of the flight network.

The noise impact and cost-effectiveness are compared with the reference situation MER NNHS (in the previous study referred to as MER 2018) and the three night-time reduction scenarios, namely 29,000, 27,000 and 25,000 night-time movements. All results are summarised in table 1.

Table 1 Summary of results.

Measure	Variant	Dwellings	SSD[1]	Total costs in m €	Annual costs in m €	Cost-effectiveness in €[2]
MER NNHS	-	7,800	28,700	-	-	-
Night-time reduction	29,000	6,800	26,200	-	7.40-10.9	2,900-4,000
	27,000	5,800	24,700	-	18.0-26.2	4,500-6,200
	25,000	5,200	23,100	-	33.0-47.1	5,900-8,000
Measure 1 *Fleet renewal*	2025	6,500	25,100	-	-	-
	2030	4,900	21,800	-	-	-
Measure 2 *Remove noisiest aircraft*	Soft	6,200	24,600	1,300	126.0[3]	31,000
	Hard	5,100	22,100	4,670	454.0[3]	69,000
Measure 3 *Wider implementation CDA*	Soft	7,900	28,400	-	-	-
	Hard	7,800	27,600	-	-	-
Measure 4 *Remove dwellings*	29,000	5,100[4]	26,200	2,650	139.0	56,000
	27,000	9,500[4]	24,700	4,900	257.0	64,000
	25,000	14,700[4]	23,100	7,450	392.0	70,000
Measure 5 *Insulate by 5 dB*	29,000	3,400[5]	26,200	220	12.0	5,000
	27,000	4,300[5]	24,700	280	15.0	4,000
	25,000	4,800[5]	23,100	310	16.0	3,000

[1] *severely sleep disturbed*
[2] *cost-effectiveness is the number of Euros per reduced severely sleep disturbed per year*
[3] *annual costs based on a one-off cost investment*
[4] *dwellings to be removed in order to get to the number of sleep disturbed of the night-time variant*
[5] *dwellings to be insulated in order to get to the number of sleep disturbed of the night-time variant*

Measure 1: Fleet renewal

If one assumes a constant fleet renewal over the years, the number of night flights remains the same and the average size of the aircraft remains the same, the number of people suffering from severe sleep disturbance will decrease. With such a constant fleet renewal, a lower number of severely sleep disturbed and a lower number of dwellings can be realised in 2030 than in the night scenario with 25,000 aircraft movements, see table 2. If the fleet renewal were to be accelerated, a greater reduction severely sleep disturbed would be possible. However, there is a lack of policy instruments to enforce a faster fleet renewal.

Noise reduction resulting from fleet renewal can also be 'used' to deploy larger aircraft, with the possible consequence that the number of severely sleep disturbed remains the same as in the reference situation. Fleet renewal can only permanently benefit the number of severely sleep disturbed if a (hard) limit is legally established. Schiphol is slot-regulated and airlines can choose the type of aircraft to be used. Therefore, a legal guarantee is no option.

Table 2 Results of measure 1.

Scenario	Severely sleep disturbed 40 dB(A) L_{night}	Dwellings 48 dB(A) L_{night}
Measure 1 – Fleet renewal, 2025	25,100	6.500
Measure 1 – Fleet renewal, 2030	21,800	4.900

The costs of fleet renewal cannot be estimated. Thereby, fleet renewal is a process that takes place within the operational management of airlines and therefore there are no additional costs, depending on the desired reduction in noise levels over time.

Measure 2: Phase out noisiest aircraft

A relatively small number of aircraft causes a relatively large amount of noise nuisance at night. By phasing out these aircraft (by a certain date), noise nuisance can be reduced. Measure 2 phases out the noisiest aircraft (in terms of cumulative noise level and cumulative noise margin). Aircraft types such as the Boeing 747-400, the Airbus A300-600 and the Boeing 737-400 and 737-300 are then no longer allowed to take off or land at night. There are two variants of this measure. The soft variant replaces these aircraft with the most logical new aircraft, while the hard variant replaces them with aircraft that meet the new stricter noise standard, even if this requires a different type of aircraft.

The hard scenario produces a more positive result in terms of sleep disturbed. The hard scenario has a lower number of severely sleep disturbed and dwellings compared to the night reduction-scenario of 25.000 aircraft movements. The soft scenario shows a milder positive picture, comparable to the night-time reduction scenario of 27.000 aircraft movements, see table 3. As with measure 1, a legal safeguard (e.g., a hard limit) would be desirable to ensure that the replacement benefits residents.

Table 3 Results of measure 2.

Scenario	,Severely sleep disturbed 40 dB(A) L_{night}
Scenario soft	24.600
Scenario hard	22.100

In the hard scenario, the replacement of the noisiest aircraft has a cost-effectiveness of € 69.000 per reduced severely sleep disturbed and a total estimated cost of € 4,7 billion (equivalent to € 454 million per year). The resulting number of severely sleep disturbed is higher than in the scenario with a limit of

25,000 night flights and can therefore best be compared with the cost-effectiveness of 25,000. In the soft scenario, this measure has a cost-effectiveness of € 31,000 per reduced severely sleep disturbed and a total estimated cost of €1,3 billion for the airlines (corresponding to €126 million per year). The number of severely sleep disturbed is about the same as the number in the scenario with a maximum of 27,000 night flights and can therefore best be compared with the cost-effectiveness of 27,000.

Measure 3: Wider application of Continuous Descent Approach

When aircraft descend gradually, they cause less noise pollution than when they descend in stages, as is usually the case. Therefore, a wider application of the so-called Continuous Descent Approach (CDA) reduces noise nuisance. Within this measure, two scenarios have been calculated: one in which all landings during the night follow the CDA procedure (hard scenario) and one in which the peak period at the end of the night (06:40-07:00 hours) remains unchanged compared to the reference situation, while the rest of the night follows the CDA procedure (soft scenario). Table 4 shows the results for the two variants.

Table 4 Results of measure 3.

Scenario	Severely sleep disturbed 40 dB(A) L_{night}	Dwellings 48 dB(A) L_{night}
Scenario soft	28,400	7,900
Scenario hard	27,600	7,800

In the reference situation, between 23:00 and 06:40 hours, an average of 85% of the landings follow the CDA procedure. Hence, the potential noise gain by having all landings operate according to the CDA procedure is limited. This is also evident in the results. It is also striking that, in the soft scenario, a gain is made in terms of annoyance, but that the number of dwellings increases. This is because a CDA procedure results in a different or higher noise impact at a greater distance from the airport. The number of dwellings in the vicinity of the airport will deal with a lower noise impact (compared to the reference situation), which will subsequently result in a lower number of severely sleep disturbed. The number of dwellings further away from the airport will increase due to a different or higher noise exposure. Concluded, this does not reduce the number of dwellings, but it does reduce the number of people who are severely sleep disturbed.

The costs for a wider implementation of CDA are expected to be borne by LVNL. The costs are likely to be limited to ATC operational costs. We assume that the implementation of this measure will not lead to capacity problems for the approach and take-off routes around Schiphol during night-time flights.

Measure 4: Remove dwellings

When there are fewer houses within the noise contours, the number of people suffering from severe sleep disturbance decreases as well. In the modulation, dwellings have been removed until the number severely sleep disturbed corresponds to the numbers of 29,000, 27,000 and 25,000 night flights. Dwellings within the contours of the reference situation are removed from high to low in terms of L_{night}-dB(A) levels. Table 5 shows the number of dwellings that would have to be removed to get to the same number of severely sleep disturbed as in the night-time reduction scenarios. It is assumed that new housing will not be located elsewhere within the 40 dB(A) L_{night}-contour. A large number of the dwellings to be removed are located under the approach routes of the runway Buitenveldert (see figuur 2 on page 18).

Table 5 Results of measure 4.

Scenario	Severely sleep disturbed 40 dB(A) L_{night}	Dwellings 48 dB(A) L_{night}
Night-time reduction to 29,000	26,200	5,100
Night-time reduction to 27,000	24,700	9,500
Night-time reduction to 25,000	23,100	14,700

The cost effectiveness of this measure per annum per reduced severely sleep disturbed amounts to € 56,000 for the 29,000 scenario (total estimated cost of € 2,6 billion, equivalent to annual € 139 million) to € 70,000 in the 25,000 scenario (total estimated cost of € 7,4 billion, equivalent to annual € 392 million). The costs of this measure are very high on a one-off basis.

Measure 5: Insulate dwellings

To reduce the number of severely sleep disturbed, there is also the option to improve the sound insulation of dwellings. Several variants have been considered for this measure. In the modulation, the dwellings have been insulated by 1-5 dB(A) until the number of severely sleep disturbed had been reached for each of the night-time reduction scenarios. Table 6 shows per degree of insulation the number of dwellings that need to be insulated to bring the number of severely sleep disturbed in line with the night-time reduction scenarios. Steps 1-4 are mainly indicative. We expect residents will hardly notice an insulation of less than 5 dB.

Table 6 Results of measure 5.

Degree of insulation	Insulated dwellings scenario 29,000	Insulated dwellings scenario 27,000	Insulated dwellings scenario 25,000
1 dB	81,100	89,800	98,200
2 dB	31,300	48,000	54,000
3 dB	9,900	18,800	24,000
4 dB	5,000	8,400	9,700
5 dB	3,400	4,300	4,800

The modulated way of insulating can lead to a situation where a specific dwelling is insulated but an adjacent one is not, because the number of severely sleep disturbed has already been reached. This may not be realistic, however. These results are purely an indication of the number of insulated dwellings needed to achieve the same result as in the night-time reduction scenarios. Apart from the insulation, it is also assumed that residents sleep with the windows closed. In case one sleeps with a window open, insulation will not have the desired effect as is modulated.

It is also important to note that insulation is not included in the enforcement of Schiphol. After all, it is the noise value on the outer wall of a dwelling that counts. This means that investigating the effect of insulation is mainly indicative. It may be desirable to implement insulation measures for the surrounding area, but this will not affect enforcement.

The costs for this measure amount to between € 220 million and € 310 million. To allow comparison, these costs have been converted to annual costs: with a depreciation period for social costs of 25 years, the costs amount to € 12 to € 16 million per annum. The cost effectiveness per reduced severely sleep disturbed is between €5,000 and €3,000 per year, respectively. However, this amount is highly dependent on the precise details of an insulation programme for the qualifying houses.

Inhoudsopgave

Samenvatting ..... **i**

Summary ..... **vi**

1 Inleiding **1**

1.1 Aanleiding 1
1.2 Doelstelling 1
1.3 Transparantie naar belanghebbenden 2
1.4 Leeswijzer 2

2 Uitgangspunten **3**

2.1 Reactie ACNL 3
2.2 Rekenmethode geluidsberekeningen 3
2.3 Maatregel 1: Vlootvernieuwing 3
2.4 Maatregel 2: Weren meest lawaaiige vliegtuigen 4
2.5 Maatregel 3: Bredere toepassing CDA 6
2.6 Maatregel 4: Woningen saneren 7
2.7 Maatregel 5: Woningen isoleren 7
2.8 Methode bepaling kosteneffectiviteit 8

3 Invoer geluidsberekeningen **9**

3.1 Maatregel 1: Vlootvernieuwing 9
3.2 Maatregel 2: Weren meest lawaaiige vliegtuigen 9
3.3 Maatregel 3: Bredere toepassing CDA 11
3.4 Maatregel 4: Woningen saneren 12
3.5 Maatregel 5: Woningen isoleren 12

4 Resultaten **13**

4.1 Maatregel 1: Vlootvernieuwing 13
4.1.1 Geluidsberekening 13
4.1.2 Kosteneffectiviteit 14
4.2 Maatregel 2: Weren meest lawaaiige vliegtuigen 14
4.2.1 Geluidsberekening 14
4.2.2 Kosteneffectiviteit 14
4.3 Maatregel 3: Bredere toepassing CDA 16
4.3.1 Geluidsberekening 16
4.3.2 Kosteneffectiviteit 17
4.4 Maatregel 4: Woningen saneren 17
4.4.1 Geluidsberekening 17
4.4.2 Kosteneffectiviteit 18
4.5 Maatregel 5: Woningen isoleren 19
4.5.1 Geluidsberekening 19
4.5.2 Kosteneffectiviteit 20

5 Conclusies **22**

6 Vervolg **25**

Referenties **27**

Bijlage A Geluidsbelasting in kaart gebracht **28**

A.1 Maatregel 1: Vlootvernieuwing 28
A.2 Maatregel 2: Weren meest lawaaiige vliegtuigen 29
A.3 Maatregel 3: Bredere toepassing CDA 30

Bijlage B Herberekeningen kosteneffectiviteit reductie nachtvluchten **31**

B.1 Reactie op opmerkingen ACNL 31
B.2 Methode herberekeningen 31
B.3 Resultaten 34
B.4 Conclusies 39
B.5 Invoer herberekeningen 40

Bijlage C Invoer Berekeningen Kosten Maatregelen **41**

C.1 Maatregel 2: Weren meest lawaaiige vliegtuigen 41
C.2 Maatregel 4: Woningen saneren 41
C.3 Maatregel 5: Woningen isolatie 41

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Vanwege het geluid veroorzaakt de huidige nachtoperatie van Schiphol ernstige slaapverstoring bij omwonenden. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) heeft om deze reden aangegeven dat het aantal slaapverstoorden verminderd moet worden. IenW heeft Adecs en CE Delft gevraagd te onderzoeken welke maatregelen bijdragen aan vermindering van slaapverstoring en wat de gevolgen hiervan zouden zijn voor het economisch belang van de luchthaven.

In het kader van de EU-verordening 598/2014 wordt een evenwichtige aanpak, ook wel ICAO's Balanced Approach genoemd, toegepast. Voor beoordeling van de evenwichtige aanpak wordt van de volgende beschikbare maatregelen de kosteneffectiviteit bepaald.

1. De verwachte beperking van het vliegtuiglawaai aan de bron;
2. Ruimtelijke ordening en beheer;
3. Operationele procedures voor de bestrijding van geluidshinder;
4. Exploitatiebeperkingen niet in eerste instantie toe te passen, maar slechts nadat de overige maatregelen in overweging zijn genomen.

Dit onderzoek richt zich op een selectie maatregelen die betrekking hebben op stappen 1 tot en met 3 van de Balanced Approach: de verwachte beperking van het vliegtuiglawaai aan de bron, ruimtelijke ordening en beheer en operationele procedures voor de bestrijding van geluidshinder. In een voorgaand onderzoek is de kosteneffectiviteit van verschillende exploitatiebeperkingen al in kaart gebracht [ref. 2], zie tabel 7.

Tabel 7 Kosteneffectiviteit voorgaand onderzoek.

Maatregel	Variant	Woningen	Slaap-verstoorden	Jaarlijkse kosten in mln. €	Kosten-effectiviteit in €
Referentie MER NNHS	-	7.800	28.700	-	-
Nachtreductie	29.000	6.800	26.200	7,40 - 10,9	2.900-4.000
	27.000	5.800	24.700	18,0 - 26,2	4.500-6.200
	25.000	5.200	23.100	33,0 - 47,1	5.900-8.000

Gevraagd is om de kosteneffectiviteit van de in dit rapport opgenomen maatregelen te vergelijken met het voorgaande onderzoek. In dit onderzoek wordt verder verondersteld dat buiten dit onderzoek voldoende rekening wordt gehouden met de toepassing van de Balanced Approach.

1.2 Doelstelling

Het onderzoek richt zich op een vijftal maatregelen op en rondom Schiphol. Voor elk van deze maatregelen wordt de omvang van de geluidseffecten en de kosteneffectiviteit in kaart gebracht en vergeleken met de referentiesituatie en de resultaten van de nachtreducties in het vorige onderzoek. Dit heeft als doel om de kosteneffectiviteit van de maatregelen in het voorliggende rapport te vergelijken met de kosteneffectiviteit van het voorgaande onderzoek. De kosteneffectiviteit is bekeken per individuele maatregel, de maatregelen zijn niet cumulatief. Het effect van een combinatie van maatregelen valt buiten de scope van dit onderzoek.

In voorliggend rapport te onderzoeken effecten per maatregel betreffen:

- Het geluidseffect in de nacht, uitgedrukt in het aantal woningen en slaapverstoorden binnen respectievelijk de 48 dB(A) L_{night} en 40 dB(A) L_{night}-contour.

- De kosten, gelet op de (hub)operatie/netwerkkwaliteit en de gevolgen voor vracht-, low cost en leisure vluchten: concurrentiepositie van Schiphol t.o.v. buitenlandse luchthavens, mate van verplaatsing van vluchten/passagiers/vracht naar buitenlandse luchthavens, werkgelegenheidseffecten op Schiphol en de netwerkkwaliteit).

Naast het in kaart brengen van vijf maatregelen, is aanvullend gevraagd om te reageren op de kritiek in het rapport van de Airport Coordination Netherlands (ACNL) [ref. 1] in relatie tot het vorige kosteneffectiviteit onderzoek. In het rapport richten de ACNL en luchtvaartmaatschappijen zich op de methodiek van de kostenbepaling.

1.3 Transparantie naar belanghebbenden

De uitgangspunten voor het berekenen van het geluid en de kosteneffectiviteit zijn voorafgaand aan de berekeningen gedeeld met sectorpartijen[2] en de begeleidingscommissie van IenW. Airport Coordination Netherlands (ACNL) had kritiek [ref. 1] op de wijze waarop de kosteneffectiviteit door Adecs Airinfra Consultants en CE Delft in het eerdere uitgevoerde onderzoek [ref. 2] berekend was. Een onderdeel van het voorliggende rapport is een reflectie op deze kritiek. Deze reflectie is aan de hand van sessies met de sector besproken. Deze sessies hadden als doel aan de sector toe te lichten hoe in dit onderzoek de kosteneffectiviteit berekend wordt en hen de mogelijkheid te geven input te leveren. Mede aan de hand van de input zijn de uitgangspunten voor de berekeningen van de kosteneffectiviteit vastgesteld.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is reactie gegeven op de kritiek van ACNL op de wijze van berekening van de kosteneffectiviteit. Ook zijn de rekenmethoden en de uitgangspunten voor de vijf in deze rapportage door te rekenen maatregelen gegeven. Hoofdstuk 3 geeft de toegepaste invoer per maatregel en hoofdstuk 4 geeft eveneens per maatregel de resultaten van de geluidsberekeningen en kosteneffectiviteitsberekeningen. Afsluitend zijn in hoofdstuk 5 de conclusies gegeven en beschrijft hoofdstuk 6 hoe vervolg kan worden gegeven aan dit onderzoek.

[2] O.a. ACN, ACNL, Corendon, DHL, easyJet, FedEx, IATA, KLM, LVNL, Schiphol Group en Transavia

2 Uitgangspunten

2.1 Reactie ACNL

Airport Coordination Netherlands (ACNL) heeft in zijn advies over de reductie van nachtvluchten een reactie van een aantal luchtvaartmaatschappijen opgenomen op het vorige kosteneffectiviteit onderzoek. Als onderdeel van deze opdracht heeft CE Delft de methode voor de kostenberekeningen besproken met luchtvaartmaatschappijen, op punten herzien, nieuwe inputdata gebruikt en de berekeningen opnieuw uitgevoerd. Dit heeft geleid tot een andere inschatting van de kosten, zie hiervoor Bijlage B.

2.2 Rekenmethode geluidsberekeningen

Voor het berekenen van de geluidsbelasting, het aantal woningen en ernstig slaapverstoorden binnen geluidscontouren wordt gebruik gemaakt van dezelfde basisgegevens (o.a. verkeersverdeling en woningbestand) als in de referentiesituatie uit het voorgaand onderzoek [ref. 2], namelijk MER NNHS[3] met woningbestand 2018.

De berekeningen van het vliegtuiggeluid in het MER NNHS zijn uitgevoerd op basis van het Europese rekenvoorschrift, beter bekend als Doc29. Voor de geluidsberekeningen in deze studie wordt gebruik gemaakt van dezelfde Doc29 noiseload database als voor het MER NNHS. In deze studie wordt, indien noodzakelijk, geen geluidsbelasting bepaald van missende clusters in de database, deze worden dan met schaling meegenomen.

Bij het tellen van het aantal slaapverstoorden wordt gebruik gemaakt van de gecorrigeerde dosis-effectrelaties voor het Europese Doc.29-geluidsmodel. Deze dosis-effectrelaties zijn vastgesteld op basis van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol in 2002, op basis van de destijds door de omgeving ervaren effecten van het vliegverkeer en zijn geactualiseerd voor gebruik met Doc.29. Deze dosis-effectrelaties zijn ook gehanteerd in het MER NNHS en in het vorige onderzoek.

2.3 Maatregel 1: Vlootvernieuwing

In de geluidsberekening hanteren we voor het toepassen van vlootvernieuwing dezelfde trend als in het MER NNHS is toegepast, namelijk een jaarlijkse vlootvernieuwing van 0,2 dB(A) L_{den} voor starts en 0,1 dB(A) L_{den} voor landingen, overeenkomstig de historische trend en verwachtingen voor de komende jaren. Hiermee gaan we ervan uit dat de gemiddelde vlootvernieuwing in de nacht gelijk is aan de vlootvernieuwing overdag. Deze trend van vlootvernieuwing is in deze analyse geëxtrapoleerd om de geluidseffecten in kaart te brengen voor de gebruiksjaren 2025 en 2030.

Als referentiesituatie hanteren we het vluchtschema van het MER NNHS. Het vluchtschema schetst de destijds verwachte situatie voor het gebruiksjaar 2020. Het gebruiksjaar 2020 is dan ook het eerste jaar van de trend. Oftewel, gebruiksjaar 2021 is het eerste jaar waar de vlootvernieuwing van 0,2 dB(A) en 0,1 dB(A) L_{den} voor respectievelijke starts en landingen op is toegepast.

Voor deze maatregel is het niet mogelijk om de geluidswinst toe te wijzen aan concrete vervangingen van luchtvaartmaatschappijen. Het is immers een geluidswinst die is gebaseerd op een historische trend en verwachtingen voor de komende jaren die volgt uit het MER, niet uitgedrukt in concrete vervangingen.

[3] In voorgaand onderzoek [ref. 2] naar verwezen als MER 2018.

2.4 Maatregel 2: Weren meest lawaaiige vliegtuigen

Vliegtuigen worden via ICAO Annex 16 gecertificeerd op basis van hun geluidswaarden. Hoofdstuk 3 van Annex 16 geeft de indeling van subsonische straalvliegtuigen die gemaakt zijn tussen oktober 1977 en januari 2006 en daardoor vallen veel vliegtuigen van Schiphol hierin. Gelet op de lange periode van dit hoofdstuk is het te verwachten dat bepaalde vliegtuigen ouder zijn en daardoor meer geluid produceren dan toestellen die ook in hoofdstuk 3 vallen, maar bijvoorbeeld uit 2005 zijn. Deze maatregel concentreert zich op het vervangen van de meest lawaaiige vliegtuigen in de nacht.

De meest lawaaiige vliegtuigen zijn als volgt gedefinieerd:

- De vliegtuigtypen die vallen onder de definitie marginaal conforme vliegtuigen in art. 2, lid 4 van de EU-verordening Exploitatiebeperking, met een cumulatieve marge van minder dan 10 EPNdB, zoals gedefinieerd in volume 1, deel II, hoofdstuk 3 van bijlage 16 bij het Verdrag van Chicago. Toestellen met een cumulatieve marge lager dan 10 EPNdB komen in aanmerking voor vervanging.
- De meest luidruchtige vliegtuigen met de hoogste cumulatieve geluidscertificatiewaarden zoals gedefinieerd in ICAO Annex 16, vol 1, deel II. Als grens wordt 285 EPNdB gebruikt, een door de opdrachtgever voorgestelde waarde. Toestellen met een cumulatieve waarde hoger dan 285 EPNdB komen daarmee in aanmerking voor vervanging.

Voor het vluchtschema van Schiphol Group (hetzelfde als in de voorgaande studie [ref. 2], namelijk het vluchtschema van het MER NNHS opgeschaald naar 32.000 nachtbewegingen) is bepaald welke vliegtuigtypen en luchtvaartmaatschappijen in aanmerking komen voor vervanging. Hiermee is ook de baseline gesteld op het MER NNHS. Geplande vervangingen die na 2018 bekend zijn gemaakt, worden toegepast in het geval het te vervangen toestel behoort tot de meest lawaaiige vliegtuigen én het vervangende toestel binnen de marges blijft. De kosten voor deze 'geplande' vervangingen worden toegewezen aan deze maatregel.

Uit het vluchtschema volgt dat diverse combinaties luchtvaartmaatschappij/vliegtuigtypen beperkt voorkomen in de nachtperiode van een gebruiksjaar. Het effect op de geluidsbelasting en daarmee het aantal woningen en/of ernstig slaapverstoorden is daarmee ook beperkt voor deze clusters. In deze maatregel zijn de clusters luchtvaartmaatschappij/vliegtuigtype die gemiddeld minimaal 1 keer per week voorkomen vervangen. Dit komt erop neer dat ongeveer 1% van het totaal aantal nachtbewegingen in de berekening van deze maatregel niet wordt overwogen voor vervanging.

De bovenstaande uitgangspunten leiden uiteindelijk tot vliegtuigtypen die in aanmerking komen voor vervanging. Voor de betreffende luchtvaartmaatschappijen wordt aan de hand van een deskstudie onderzocht of binnen de vloot een vervangend vliegtuigtype beschikbaar is of dat een nieuw toestel aangekocht zal moeten worden om aan de nieuw gestelde eisen te voldoen. In sommige gevallen kan het voorkomen dat een vervanging van een bepaald type niet realistisch is. Dit kan bijvoorbeeld wanneer een toestel relatief recentelijk is toegevoegd aan de vloot, maar desondanks niet voldoet aan de gestelde eisen. Om een reëel beeld te schetsen, splitsen we daarom deze maatregel in twee scenario's: een hard en zacht scenario. Tabel 8 omschrijft de voorwaarden binnen de twee scenario's. De resultaten schetsen daarmee twee uitersten, de werkelijke kosteneffectiviteit zal naar verwachting tussen de twee uitersten uitkomen.

Tabel 8 Bandbreedte maatregel 2.

Scenario	Maatregel
Hard	Cumulatieve marge <10 EPNdB is niet toegestaan.
	Cumulatieve waarde >285 EPNdB is niet toegestaan.
Zacht	Cumulatieve marge <10 EPNdB is niet toegestaan.
	Cumulatieve waarde >292[4] EPNdB is niet toegestaan.
	Bij een cumulatieve waarde tussen 285 EPNdB en 292 EPNdB wordt een realistische (geluidsarmere) vervanging overwogen.

Voor zowel het harde als het zachte scenario is een selectie binnen de verkeersverdeling gemaakt van de vliegtuigtypen die niet aan de voorwaarden voldoen. Deze vliegtuigtypen hebben of een te hoog cumulatief geluidsniveau (geluidsgrens afhankelijk van het scenario) of de cumulatieve geluidsmarge is lager dan 10 EPNdB.

Het cumulatieve geluidsniveau en de cumulatieve geluidsmarge van elk vliegtuigtype zijn bepaald aan de hand van de EASA Jet Aeroplanes geluidsdatabase [ref. 3]. Deze database[5] toont de geluidsgegevens voor de verschillende variaties van vliegtuigtypen. Voor de selectie vliegtuigtypen in deze studie is aan de hand van een deskresearch de MTOW en type motor bepaald. Daarbij is zoveel als mogelijk de online-informatie van de betreffende luchtvaartmaatschappijen gebruikt. In het geval informatie over de MTOW niet door de luchtvaartmaatschappij online wordt gedeeld, is de MTOW aangehouden zoals aangeven door de vliegtuigbouwer.

Voor het aanwijzen van de vliegtuigmotor is in het geval informatie van de luchtvaartmaatschappij ontbrak een engine database (motordatabase) van Schiphol Group gebruikt met informatie over de jaren 2016 tot en met 2020. Deze database bevat informatie over het aantal bewegingen per ICAO-vliegtuigtype en motortype. Voor het betreffende ICAO-vliegtuigtype is vervolgens het motortype gebruikt die in de periode 2016-2020 het meest is voorgekomen.

Aan de hand van die gegevens is vervolgens in de EASA-database gezocht naar dat specifieke vliegtuigtype met die specifieke specificaties. In het geval er meerdere varianten overbleven, is gekozen voor de variant met de laagste cumulatieve geluidsmarge. Daarmee hanteren we bij de selectie een 'worst-case' aanpak. Figuur 1 geeft deze selectiemethode procesmatig weer.

[4] De grens wordt gezet op de Boeing 777-300ER (B77W), het toestel met de op één na hoogste cumulatieve waarde (292 EPNdB) die in het vluchtschema voorkomt. Het toestel met de hoogste waarde betreft de Boeing 747-400 (301,9 EPNdB), een toestel die al wordt uitgefaseerd.

[5] De database bevat enkel de vliegtuigtypen die een geluidscertificaat hebben verkregen van de EASA. Nieuwe vliegtuigtypen zoals de Boeing 777-900 of de A330-900 zijn daarom nog niet opgenomen.

Figuur 1 Selectiemethode van cumulatief geluidsniveau en cumulatieve marge voor selectie vliegtuigtypen.

2.5 Maatregel 3: Bredere toepassing CDA

Deze maatregel concentreert zich op het effect van het verhogen van het aantal *continuous descent approaches* (CDA) in de vroege ochtend. De vroege ochtend is het laatste uur van de nachtperiode, tussen 06:00 uur en 07:00 uur 's ochtends. De luchthaven streeft ernaar om het aandeel CDA's zo hoog mogelijk te houden. Omwille van de (luchtruim)capaciteit is dit veelal nog niet mogelijk, maar er wordt door de luchthaven wel onderzoek gedaan naar het volledig toepassen van CDA. In deze maatregel passen we in het harde scenario, voorsorterend op de toekomst, deze volledige CDA tussen 06:00 en 07:00 uur toe. In het harde scenario gaan we er dus vanuit dat elke landing in de nacht de CDA-procedure volgt.

Ter vergelijking onderzoeken we ook de effecten van een zachter scenario, waarbij we een reëlere toepassing van de CDA-procedure hanteren. Tabel 9 geeft de verdeling CDA/non-CDA in de nacht weer voor de referentiesituatie MER NNHS, waarbij het laatste uur is opgesplitst naar tijdsblokken van 5 minuten. Hieruit valt op te maken dat voornamelijk de laatste twintig minuten het aandeel CDA-procedures significant afneemt. Dit komt naar verwachting door het grotere aantal vliegtuigbewegingen dat afgehandeld wordt in die periode. Deze grotere vraag van vliegtuigbewegingen zorgt voor een lagere CDA-capaciteit. In het zachte scenario gaan we ervan uit dat gedurende de hele nacht de CDA-procedure toegepast kan worden, met uitzondering van de periode 06:40 – 07:00 uur.

Tabel 9 Verdeling CDA/non-CDA in de nacht voor referentiesituatie MER NNHS.

Tijdsblok	CDA	Non-CDA
23:00 - 00:00	85%	15%
00:00 - 01:00	86%	14%
01:00 - 02:00	86%	14%
02:00 - 03:00	86%	14%
03:00 - 04:00	86%	14%
04:00 - 05:00	85%	15%
05:00 - 06:00	84%	16%
06:00 - 06:05	83%	17%
06:05 - 06:10	85%	15%
06:10 - 06:15	87%	13%
06:15 - 06:20	85%	15%
06:20 - 06:25	86%	14%
06:25 - 06:30	82%	18%
06:30 - 06:35	85%	15%
06:35 - 06:40	88%	12%
06:40 - 06:45	35%	65%
06:45 - 06:50	34%	66%
06:50 - 06:55	35%	65%
06:55 - 07:00	35%	65%

2.6 Maatregel 4: Woningen saneren

Bij deze maatregel worden woningen binnen de contouren van de referentiesituatie, van hoge naar lagere L_{night} geluidsbelasting, gesaneerd tot het door ons gedefinieerde aantal slaapverstoorden is bereikt van de scenario's 29.000, 27.000 en 25.000 nachtbewegingen. Onder woningsanering wordt in dit onderzoek verstaan het onttrekken van de woning aan de woonfunctie, het kan in de praktijk zo zijn dat de huidige bewoners blijven wonen, maar dat zij het pand niet meer als woning mogen verkopen (motie Hofstra uit juli 2002). De woningen in het woningbestand 2018 met de hoogste geluidswaarden worden in het rekenmodel als eerste gesaneerd totdat het aantal woningen en ernstig slaapverstoorden voor elk scenario is bereikt. Dit kan ertoe leiden dat een deel van een bepaalde wijk wel wordt gesaneerd en een andere niet. Dit is in de praktijk wellicht niet reëel, dan zal het mogelijk reëler zijn dat een volledige wijk wordt aangepakt. Daarnaast is ook geen gedetailleerd onderzoek gedaan naar de leeftijd van woningen. In de praktijk zal het bijvoorbeeld logischer zijn om verouderde of oudere woningen eerder te saneren.

2.7 Maatregel 5: Woningen isoleren

De hinder in de omgeving van Schiphol wordt niet alleen bepaald door de ontwikkeling van de luchtvaart, maar ook door de ontwikkeling van de omgeving en het treffen van mitigerende maatregelen. Het aantal gehinderden kan toenemen als gevolg van de bouw van nieuwe woningen en kan worden beperkt door geluidsisolatie. Echter is het belangrijk om te beseffen dat isolatie niet in de berekeningen en geluidsresultaten wordt meegenomen. In deze berekeningen gelden immers de geluidswaarden op de gevel van een woning en niet de geluidswaarden binnenshuis. De handhaving vindt plaats op basis van de geluidswaarden op de gevel, maar door het meenemen van het effect van geluidsisolatie op onderstaande wijze, kan wel beter een indicatie van de daadwerkelijke hinder (binnenshuis) gegeven worden. Al wordt er dan wel van uit gegaan dat mensen met (alle) ramen dicht slapen.

Paragraaf 2.2 beschreef de dosis-effectrelaties die we hanteren voor het bepalen van het aantal ernstig slaapverstoorden. Beginnend bij de woningen met de hoogste waarde reduceren we de geluidsbelasting met 1 t/m 5 dB(A). Dit doen we door het rekenresultaat (gridbestand) aan te passen door die rekenpunten te verlagen met de benodigde waarde. Dit passen we vervolgens toe op de overige woningen totdat aan de hand van woningbestand 2018 het aantal ernstig slaapverstoorden uit de scenario's 29.000, 27.000 en 25.000 nachtbewegingen van het vorige onderzoek zijn bereikt. Voor elke decibel in mindering wordt het aantal woningen beschreven dat geïsoleerd moet worden wil men dat resultaat bereiken.

2.8 Methode bepaling kosteneffectiviteit

In de EU-verordening worden lidstaten aangemoedigd om de meest kosteneffectieve exploitatiebeperking te nemen, mits de eerdere stappen in de evenwichtige aanpak al doorlopen zijn. De verordening geeft aan dat een volledige kosten-batenanalyse niet noodzakelijk is, maar dat de kosteneffectiviteit van de maatregel wel berekend dient te worden.

In dit onderzoek definiëren we de kosteneffectiviteit als de extra jaarlijkse kosten voor de betreffende partij (luchtvaartmaatschappijen, LVNL of de overheid) per slaapverstoorde in de 40 dB(A) L_{night}-contour. Eenmalige uitgaven zoals bijvoorbeeld nieuwe (interne) bedrijfsprocessen berekenen we niet omdat die niet zijn in te schatten zonder gedetailleerde bedrijfsinformatie van alle relevante partijen. In het onderzoek betrekken we alleen de kosten die voortvloeien uit het implementeren van de eerdergenoemde maatregelen. Alle kosten die per maatregel zijn berekend staan op zichzelf. Dat wil zeggen, interactie-effecten met andere mogelijke maatregelen, 'natuurlijke' vlootvernieuwing of operationele aanpassingen zijn niet in de kostenschatting opgenomen. Om tot de kosteneffectiviteit van een maatregel te komen delen we de totale kosten van de maatregel door de afname van het aantal slaapverstoorden. De kosteneffectiviteit wordt gepresenteerd als € per slaapverstoorde vermeden per jaar.

Voor de berekening van de kosteneffectiviteit hanteren wij de volgende uitgangspunten. De kosteneffectiviteit wordt berekend aan de hand van de totale kosten van de uit te voeren maatregel. Dat wil zeggen, voor vlootvernieuwing en het uitfaseren van de meest lawaaiige vliegtuigen zijn het aantal vliegtuigen en hun verkoop- en aankoopprijs bepalend. Voor het saneren en isoleren van woningen vormen het aantal te saneren en isoleren woningen de basis voor het kostenplaatje. Aan de hand van de kosten per eenheid te veranderen object (vliegtuig, huis) kan het totaalbedrag worden bepaald voor de maatregel in het desbetreffende scenario. Door dit totaalbedrag te delen door het aantal verminderde slaap verstoorden per scenario, wordt de kosteneffectiviteit per verminderde slaapverstoorde bepaald.

3 Invoer geluidsberekeningen

3.1 Maatregel 1: Vlootvernieuwing

Als invoer hanteren we de referentiesituatie: het vluchtschema van het MER NNHS. Het vluchtschema schetst de destijds verwachte situatie voor het gebruiksjaar 2020. Het gebruiksjaar 2020 is dan ook het eerste jaar van de trend. Oftewel, gebruiksjaar 2021 is het eerste jaar waar de vlootvernieuwing van 0,2 dB(A) en 0,1 dB(A) L_{den} voor respectievelijke starts en landingen op wordt toegepast.

De geluidsgrids van de starts en landingen worden per jaar op alle rekenpunten aangepast met een respectievelijk geluidsvermindering van 0,2 dB(A) L_{den} voor starts en 0,1 dB(A) L_{den} voor landingen, wat leidt tot de resultaten voor de jaren 2025 en 2030.

3.2 Maatregel 2: Weren meest lawaaiige vliegtuigen

Aan de hand van de eerder in hoofdstuk 2 beschreven uitgangspunten, hebben we onderzocht welke luchtvaartmaatschappijen in aanmerking komen voor de vervanging van één of meerdere vliegtuigtypen in de nacht op luchthaven Schiphol. Hiervoor is gebruik gemaakt van de naar 32.000 nachtbewegingen geschaalde verkeersverdeling van het MER NNHS. Voor zowel het harde als het zachte scenario is een selectie binnen de verkeersverdeling gemaakt van de vliegtuigtypen die niet aan de voorwaarden voldoen. Deze vliegtuigtypen hebben of een te hoog cumulatief geluidsniveau (geluidsgrens afhankelijk van het scenario) of de cumulatieve geluidsmarge is lager dan 10 EPNdB.

In het harde scenario zijn de gestelde eisen het strengst. Naast dat de vliegtuigtypen met een cumulatieve geluidsmarge lager dan 10 EPNdB vervangen moeten worden door een stiller vliegtuigtype, moeten ook alle vliegtuigtypen met een cumulatief geluidsniveau van 285 EPNdB of hoger vervangen worden. Aan de hand van een deskresearch is gezocht naar een vervanging voor elke van deze vliegtuigtypen, waarbij eerst is gekeken naar een geschikte vervanging binnen de vloot van de respectievelijke luchtvaartmaatschappij of openstaande orders. In het geval dit niet leidde tot een geschikte vervanging, hebben we gezocht naar een - in relatie tot het type vliegoperatie - reële vervanging voor de luchtvaartmaatschappij waarbij eveneens gekeken werd naar een vergelijkbaar MTOW.

In het zachte scenario zijn de gestelde eisen soepeler wanneer men kijkt naar de vliegtuigtypen met een cumulatief geluidsniveau hoger dan 285 EPNdB. Voor de toestellen met een cumulatief geluidsniveau tussen de 285 en 292 EPNdB geldt namelijk geen verplichte (geluidsarmere) vervanging, maar is gekeken of een realistische vervanging mogelijk is. Al uit de deskresearch bleek dat een vervanging van een bepaald vliegtuigtype niet reëel was – bijvoorbeeld omdat de luchtvaartmaatschappij onlangs het betreffende vliegtuigtype heeft ontvangen of nog openstaande orders heeft staan -, is dit type ook niet vervangen. Tabel 10 geeft de selectie van luchtvaartmaatschappijen en vliegtuigtypen weer die binnen de criteria van het harde en zachte scenario vallen. Aanvullend beschrijft de tabel voor het harde en zachte scenario door welke vliegtuigtypen deze vervangen zijn. Het aantal nachtbewegingen in de laatste kolom geeft een indicatie op het totaalaantal nachtbewegingen van 32.000. Grofweg 1/3^{e} van het totaalaantal nachtbewegingen komt aan de hand van de uitgangspunten in aanmerking voor vervanging van het vliegtuigtype.

Tabel 10 Selectie luchtvaartmaatschappijen/vliegtuigtypen gesorteerd op geluidsniveau.

Luchtvaartmaatschappij	Vliegtuigtype	Geluidsniveau	Geluidsmarge	Vervanging - Hard	Vervanging - Zacht	Nachtbewegingen
Martinair Holland	B744	🔴	🟢	B779	B77W	544
Singapore Airlines	B744	🔴	🟢	A35K	A35K	239
KLM	B744	🔴	🟢	B789	B789	532
KLM	B77W	🟡	🟢	B779	B77W	838
Cathay Pacific	B77W	🟡	🟢	A35K	A35K	370
DHL (EAT Leipzig)	A306	🟡	🔴	A339	A332	497
Delta Airlines	A333	🟡	🟢	A339	A339	710
KLM	A332	🟡	🟢	B789	B789	1.109
China Southern Airlines	A332	🟡	🟢	B789	B789	370
China Eastern Airlines	A332	🟡	🟢	A359	A359	209
KLM	A333	🟡	🟢	B789	B789	808
Nippon Cargo Airlines	B748	🟡	🟢	B779	B748	143
Nippon Cargo Airlines	B744	🟡	🟢	B779	B748	57
Emirates	B77L	🟡	🟢	A359	B77L	320
Qatar Airways	B77L	🟡	🟢	B779	B77L	55
TUIfly	B763	🟡	🟢	B788	B788	131
United Airlines	B764	🟡	🟢	B788	B764	236
China Southern Airlines	A333	🟡	🟢	A339	A333	371
KLM	B772	🟡	🟢	B789	B772	2.036
DHL (EAT Leipzig)	B734	🟢	🔴	B738	B738	293
Ukraine International Airlines	B733	🟢	🔴	B738	B738	157
					Totaal:	**10.025**

🔴 = *Verplichte vervanging in zowel het harde als zachte scenario.*

🟡 = *Verplichte vervanging in het harde scenario, maar niet in het zachte scenario.*

🟢 = *Geen vervanging nodig.*

Het vervangen van de vliegtuigtypen kan van invloed zijn op de nauwkeurigheid van de geluidsberekening. Bij de geluidsberekeningen maken we namelijk gebruik van dezelfde noiseload database als voor het MER NNHS. Deze noiseload database bestaat uit clusters bestaande uit het type vlucht (landing of start), start- of landingsbaan, route, procedure, vliegtuigtype en etmaalperiode. Elk cluster heeft een eigen geluidsgrid die gebaseerd is op historische vliegtuigbewegingen op Schiphol. In het geval een cluster van de te berekenen verkeersverdeling niet voorkomt in de noiseload database, wordt ter compensatie het aantal vliegtuigbewegingen behorende bij dat cluster geschaald over de overige clusters. De mate van deze schaling wordt de schaalfactor genoemd. Alle vliegtuigbewegingen behorende bij de clusters die wel voorkomen in de noiseload database worden vermenigvuldigd met deze schaalfactor. Door de schaalfactor zo laag mogelijk te houden, is de verwachting dat we de werkelijkheid beter benaderen.

Betekenis schaalfactor
De schaalfactor is een factor die aangeeft hoeveel bewegingen ontbreken in de database van geluid (noiseloaddatabase). In de noiseloaddatabase is per cluster de bijbehorende geluidsbelasting opgenomen. Een cluster bestaat uit: vluchttype (start/landing), baan, route, procedure, vliegtuigtype en etmaalperiode (dag, avond of nacht). De clusters die niet ontbreken in de noiseloaddatabase worden vermenigvuldigd met de schaalfactor. De ontbrekende clusters worden dus over de overige clusters geschaald. Een hogere schaalfactor betekent dus een lagere nauwkeurigheid en vice versa.

De vervangingen zoals aangegeven in tabel 10 zijn van negatieve invloed op de schaalfactor. Waar de schaalfactor voor de nachtbewegingen in de referentiesituatie nog 1,0615 is, verandert deze na de vervanging van de vliegtuigtypen naar 1,4830 en 1,2493 voor respectievelijk het harde en zachte scenario. Het is wenselijk om de schaalfactor vergelijkbaar met de referentiesituatie te houden.

Voor de ontbrekende clusters is vervolgens gekeken of een vergelijkbare start- of landingsprocedure binnen datzelfde cluster ervoor zorgt dat dat cluster wel voorkomt in de noiseload database. Met een vergelijkbare procedure houden we er rekening mee dat de afstandsklasse gelijk blijft. Dit is van invloed op het startgewicht en daarmee ook de geluidsbelasting. Deze vertaalslag zorgde voor een positievere schaalfactor, namelijk 1,1612 en 1,0691 voor respectievelijk het harde en zachte scenario.

Ondanks dat de schaalfactor voor het zachte scenario inmiddels vergelijkbaar is met die van het referentiescenario, is de schaalfactor voor het harde scenario nog te hoog. Deze hoge schaalfactor wordt voornamelijk veroorzaakt doordat de Boeing 777-900 (B779), Airbus A330-900 (A339) en A350-1000 (A35K) niet in de noiseload database voorkomen. In de laatste stap passen we een grove substitutie toe, waarbij we deze ontbrekende typen waar mogelijk in de geluidsberekening vervangen door een (in termen van geluid) vergelijkbaar toestel. Deze substitutie is niet van toepassing voor de kostenberekening. Tabel 11 toont welke vliegtuigtypen in de geluidsberekening worden gesubstitueerd.

Tabel 11 Substitutie voor geluidsberekening (geldt niet voor kostenberekening).

Vliegtuigtype	Substitutie voor geluidsberekening
Boeing 777-900	Boeing 787-10 Dreamliner
Airbus A330-900	Airbus A350-900
Airbus A350-1000	Airbus A350-900

Deze substitutie leidt tot een positievere schaalfactor, namelijk 1,0597 en 1,0289 voor respectievelijk het harde en zachte scenario. Met deze schaalfactoren is vervolgens gerekend.

3.3 Maatregel 3: Bredere toepassing CDA

Voor deze maatregel geldt de referentiesituatie MER NNHS als basis. Aan de hand van de verkeersverdeling van de referentiesituatie zijn er twee scenario's opgesteld, namelijk het harde en het zachte scenario. Zoals in hoofdstuk 2 al is toegelicht, onderzoeken we het effect van een bredere toepassing van de CDA-procedure in de nacht. Uit de analyse van de referentiesituatie blijkt dat tussen 23:00 en 06:40 uur gemiddeld 85% van het totaalaantal landingen al de CDA-procedure volgt. Hieruit volgden de twee scenario's. In het harde scenario geldt het uitgangspunt dat het technisch haalbaar is om alle landingen in de nachtperiode uit te voeren als CDA. In het zachte scenario richten we ons op een reëlere uitgangspositie, namelijk door tussen 23:00 en 06:40 uur de CDA-procedures te maximaliseren en tussen 06:40 en 07:00 uur het aandeel CDA's te behouden zoals het is.

Voor beide scenario's zijn de desbetreffende landingen omgezet naar CDA. Dit zorgde voor een andere schaalfactor dan voor de referentiesituatie, namelijk 1,0645 en 1,0626 voor respectievelijk het harde en zachte scenario. Ter vergelijk: de referentiesituatie heeft een schaalfactor van 1,0615.

3.4 Maatregel 4: Woningen saneren

Als invoer is het resultaatgrid gebruikt van de referentiesituatie. Per dB(A) L_{night}-waarde is het aantal woningen geteld en het bijbehorende aantal ernstig slaapverstoorden. Vervolgens is vanaf de hoogste L_{night}-waarde het aantal woningen uit het woningbestand verwijderd totdat het aantal ernstig slaapverstoorden is bereikt van de nachtreductiescenario's uit de voorgaande studie. We concentreren hierbij dus op de dB(A) L_{night}-waarde die hoort bij de woningen. Daardoor is het mogelijk dat bijvoorbeeld de helft van een woonwijk wel meegenomen wordt voor sanering, maar de andere helft niet. In de praktijk is dit wellicht niet gangbaar en worden woonblokken of -wijken als geheel gesaneerd.

3.5 Maatregel 5: Woningen isoleren

Als invoer is hetzelfde resultaatgrid gebruikt die geldt voor de referentiesituatie. Per dB(A) L_{night}-waarde is het aantal woningen geteld en het bijbehorende aantal ernstig slaapverstoorden. Vervolgens is vanaf de hoogste L_{night}-waarde het bijbehorende aantal woningen uit het woningbestand 'geïsoleerd' met 1, 2, 3, 4 of 5 dB(A) totdat het aantal ernstig slaapverstoorden is bereikt van de nachtreductiescenario's. De isolatie is toegepast door de L_{night}-waarden van het resultaatgrid te verlagen met de betreffende isolatiewaarde. We concentreren hierbij dus op de dB(A) L_{night}-waarde die hoort bij de woningen. Daardoor is het mogelijk dat bijvoorbeeld de helft van een woonwijk wel meegenomen wordt voor isolatie, maar de andere helft niet. In de praktijk is dit wellicht niet gangbaar en worden woonblokken of -wijken als geheel geïsoleerd.

4 Resultaten

We kijken bij de resultaten uitsluitend naar de L_{night}. In dit hoofdstuk vergelijken we de resultaten van deze maatregelen met zowel de referentiesituatie MER NNHS als met de resultaten uit de voorgaande studie, zijnde de nachtreducties naar 29.000, 27.000 en 25.000 vliegtuigbewegingen. In tabel 12 staan de resultaten van de bijbehorende referentiesituaties opgesomd.

Tabel 12 Resultaten van de referentiesituatie en voorgaande studie in relatie tot de nachtreductie.

Maatregel	Variant	Woningen	Slaap-verstoorden	Jaarlijkse kosten in mln. €	Kosten-effectiviteit in €
Referentie MER NNHS	-	7.800	28.700	-	-
Nachtreductie	29.000	6.800	26.200	7,40 - 10,9	2.900-4.000
	27.000	5.800	24.700	18,0 - 26,2	4.500-6.200
	25.000	5.200	23.100	33,0 - 47,1	5.900-8.000

4.1 Maatregel 1: Vlootvernieuwing

4.1.1 Geluidsberekening

De toepassing van vlootvernieuwing zorgt voor een verbetering ten opzichte van het referentiejaar. Zie tabel 13 voor de absolute resultaten.

Tabel 13 Resultaten maatregel 1 – vlootvernieuwing.

Scenario	Ernstig slaapverstoorden 40 dB(A) L_{night}	Woningen 48 dB(A) L_{night}
Gebruiksjaar 2025	25.100	6.500
Gebruiksjaar 2030	21.800	4.900

Het aantal ernstig slaapverstoorden vermindert ten opzichte van 2020 met 12% in 2025 en 24% in 2030. Het aantal woningen neemt relatief harder af, namelijk met 16% in 2025 en 37% in 2030.

Ten opzichte van de voorgaande studie zorgt de vlootvernieuwing in 2025 voor een hinderbeperking die valt tussen de nachtreducties van 29.000 en 27.000 vliegtuigbewegingen. De lange termijn (2030) zorgt voor een aanzienlijke verbetering waarbij het aantal ernstig slaapverstoorden ruim onder de nachtreductie naar 25.000 vliegtuigbewegingen komt. Het aantal woningen is vergelijkbaar maar desondanks licht verbeterd ten opzichte van de nachtreductie naar 25.000 vliegtuigbewegingen.

Wanneer men dus uitgaat van een constante vlootvernieuwing over de jaren, zal de hinder naar verwachting aanzienlijk dalen. In het geval deze trend gerealiseerd kan worden en in de nacht niet met significant lawaaiige toestellen gevlogen gaat worden, wordt in 2030 een lager aantal ernstig slaapverstoorden en aantal woningen gerealiseerd dan bij reductie naar 25.000 vliegtuigbewegingen in de nacht. Vlootvernieuwing kan echter ook worden gebruikt om grotere vliegtuigen in te zetten, met als mogelijk gevolg dat het aantal slaapverstoorden gelijk blijft. Vlootvernieuwing kan blijvend ten goede komen aan het aantal slaapverstoorden mits een (harde) grenswaarde juridisch wordt vastgesteld. Schiphol is slotgereguleerd en maatschappijen hebben echter zelf de keuze voor het in te zetten vliegtuigtype. Een juridische borging voor het in te zetten vliegtuigtype is niet mogelijk. Directe sturing (vanuit bijvoorbeeld het ministerie) op vlootvernieuwing is wellicht niet mogelijk, maar de (on)mogelijkheden rondom indirecte sturing zou nader onderzocht kunnen worden.

In Bijlage A.1 zijn de geluidsresultaten in kaart gebracht.

4.1.2 Kosteneffectiviteit

Het inschatten van kosten van vlootvernieuwing is lastig omdat deze maatregel niet concreet aangeeft welke vliegtuigen vervangen moeten worden en hoeveel sneller de vloot vernieuwd gaat worden. Ook zijn er geen gegevens bekend over de kosten van de 'normale' vlootvernieuwing. Daarom is voor deze maatregel geen kostenindicatie ingeschat.

Naast dit praktische bezwaar is vlootvernieuwing geen maatregel in de normale definitie van het woord. Vlootvernieuwing is onderdeel van de bedrijfsvoering van luchtvaartmaatschappijen en kosten hiervoor worden gemaakt en gedekt door inkomsten van het vervoeren van passagiers en/of goederen ongeacht een reductie van nachtvluchten. Daarom is het zeer lastig om te spreken over extra kosten voor het uitvoeren van deze gebeurtenis, dat automatisch over een langere periode (zoals hierboven ook geschetst) het aantal slaapverstoorden doet verminderen. Dit zou alleen het geval zijn als het beleid een vermindering van de geluidsbelasting van de vloot vereist, die hoger is dan de vermindering van geluidsbelasting die de 'natuurlijke' vlootvernieuwing veroorzaakt.

4.2 Maatregel 2: Weren meest lawaaiige vliegtuigen

4.2.1 Geluidsberekening

De vervanging van de meest lawaaiige vliegtuigen is een verbetering ten opzichte van de referentiesituatie. Zie tabel 14 voor de absolute resultaten.

Tabel 14 Resultaten maatregel 2 – vervanging hoofdstuk 3 vliegtuigen.

Scenario	Ernstig slaapverstoorden 40 dB(A) L_{night}	Woningen 48 dB(A) L_{night}
Scenario hard	22.100	5.100
Scenario zacht	24.600	6.200

Iets meer dan 10.000 vliegtuigbewegingen (van de 32.000) zijn in overweging genomen voor vervangingen. Zoals verwacht geeft dit in het harde scenario een positief resultaat in termen van hinder. Het harde scenario heeft een lager aantal ernstig slaapverstoorden en aantal woningen dan de nachtreductie naar 25.000 vliegtuigbewegingen. Het zachte scenario toont ook een positief beeld, vergelijkbaar met de nachtreductie naar 27.000 vliegtuigbewegingen.

Het zachte scenario is naar verwachting de meest reële situatie waarbij een harde grens wordt getrokken bij de meest luide toestellen in termen van cumulatief geluidsniveau en cumulatieve geluidsmarge. De grens die nu getrokken is, leidt tot de (verplichte) uitfasering van vliegtuigtypes als de Boeing 747-400, de Airbus A300-600 en de Boeings 737-400 en 737-300. Dit zijn toestellen die al gepland staan om uitgefaseerd te worden of op basis van leeftijd realistischer zijn om een vervanging te overwegen. Het harde scenario neemt de geplande vervangingen van luchtvaartmaatschappijen uitsluitend mee als het vervangende vliegtuigtype voldoet aan de nieuwe geluidseisen. Is dit niet het geval, dan is in het harde scenario alsnog een ander vliegtuigtype gekozen, ondanks dat dit in de praktijk minder realistisch is.

In Bijlage A.2 zijn de geluidsresultaten in kaart gebracht.

4.2.2 Kosteneffectiviteit

De kosteneffectiviteit is berekend voor de statische situatie van de vloot zoals deze was in 2018 (gelijk aan alle invoer zoals in het voorgaande onderzoek over de reductie van nachtvluchten). Aan de hand van de uitkomsten van de geluidsberekeningen zoals gegeven in paragraaf 3.2 zijn de kosten voor het verkopen en aankopen van de te vervangen en vervangende toestellen bepaald. Vanwege een gebrek aan

data kunnen wij geen rekening houden met de natuurlijke vlootvernieuwing, waardoor mogelijk al toestellen bij het uitvoeren van deze analyse zijn vervangen door luchtvaartmaatschappijen. In dat geval zullen de totale kosten lager uitvallen op het moment dat deze maatregel zal worden ingevoerd.

Overigens is aangenomen dat luchtvaartmaatschappijen met de vloot zoals deze is gegeven (2018) de stillere vliegtuigen al zo efficiënt en effectief mogelijk inzet op nachtvluchten waar dat mogelijk is. Aangezien de vervanging vooral de grootste en zwaarste (cargo) toestellen betreft nemen wij aan dat er (zeer) weinig tot geen ruimte is om de operationele inzet te veranderen vanwege het ontbreken van geschikte alternatieve toestellen in de vloot (grote pax en cargo toestellen). Bovendien leidt het gebrek aan operationele ruimte (o.a. beschikbare slots) ertoe dat vluchten niet op alternatieve wijze kunnen worden uitgevoerd (bijvoorbeeld 1 grote ICA-pax vlucht vervangen door 2 minder grote en stillere toestellen uit de bestaande vloot).

De berekening voor kosteneffectiviteit is als volgt: Door de totale kosten van het vervangen van de meest lawaaiige vliegtuigen (door (operationeel) vergelijkbare toestellen) te delen door het aantal mensen dat binnen de 40 dB(A) L_{night} contour niet meer slaapverstoord zijn berekenen we de kosteneffectiviteit.

Zoals beschreven in paragraaf 2.4 hebben we een hard scenario en zacht scenario gepresenteerd. Het verschil in de kosteneffectiviteit tussen deze scenario's kan worden gezien als een bandbreedte voor de mate waarin de vliegtuigen worden vervangen. De volgende interpretatie geldt hierbij:

- Om de slaap van één persoon niet meer te verstoren kost het de luchtvaartmaatschappijen, als deze maatregel wordt toegepast, tussen de € 31.000 en € 69.000 per jaar.

Tabel 15 Kosteneffectiviteit maatregel 2 – Weren meest lawaaiige vliegtuigen.

Scenario	Delta ESV 40 dB(A) L_{night}	Totale netto kosten vervangen lawaaiige vliegtuigen	Totale jaarlijkse kosten vervangen lawaaiige vliegtuigen	Kosteneffectiviteit (per jaar) per ESV
Scenario hard	6.600	€ 4.667.000.000	€ 454.000.000	€ 69.000
Scenario zacht	4.100	€ 1.297.000.000	€ 126.000.000	€ 31.000

In scenario hard zijn er in totaal 39 toestellen te vervangen die worden ingezet op nachtvluchten door de verschillende luchtvaartmaatschappijen. Hiervan zijn ruim 900 miljoen euro baten van de verkoop van de luide vliegtuigen. De aanschafwaarde van alle vervangende vliegtuigen wordt geschat op 5,6 miljard euro. Daarmee zijn de totale netto kosten voor deze maatregel met het harde scenario bijna 4.7 miljard euro. De kosten voor het aanschaffen van vliegtuigen worden gespreid over een levensduur van 20 jaar, met een kapitaalkosten ratio van 7,4%. De jaarlijkse kosten bedragen daarom ruim 450 miljoen euro voor alle luchtvaartmaatschappijen samen. De kosteneffectiviteit per verminderde ernstig slaapverstoorde komt met een totaal van 6.600 minder slaap verstoorden uit op € 69.000 per jaar.

In het zachte scenario komen er in totaal 11 toestellen in aanmerking voor vervanging die worden ingezet op nachtvluchten door de verschillende luchtvaartmaatschappijen. Hiervan zijn ruim 150 miljoen euro baten van de verkoop van de luide vliegtuigen. De aanschafwaarde van alle vervangende vliegtuigen wordt geschat op bijna 1,5 miljard euro. Daarmee zijn de totale netto kosten voor deze maatregel met het zachte scenario bijna 1.3 miljard euro. De kosten van het aanschaffen van vliegtuigen worden gespreid over een levensduur van 20 jaar, met een kapitaalkosten ratio van 7,4%. De jaarlijkse kosten bedragen daarom

ongeveer 125 miljoen euro voor alle luchtvaartmaatschappijen samen. De kosteneffectiviteit per verminderde ernstig slaapverstoorde komt met een totaal van 4.100 minder slaapverstoorden uit op € 31.000 per jaar.

Naast de directe kosten zullen er waarschijnlijk ook indirecte baten zijn zoals een verminderd energieverbruik bij de inzet van modernere vliegtuigen. Deze effecten staan los van de directe kosten voor het uitvoeren van deze maatregel. Wij zijn bewust van het feit dat autonome vlootvernieuwing door de luchtvaartmaatschappijen ervoor kan zorgen dat er een lager aantal vliegtuigen verplicht moeten worden vervangen als deze maatregel zou worden ingevoerd. Als voor de geplande invoering van de maatregel een luchtvaartmaatschappij al een vliegtuig vervangt die in aanmerking komt, kunnen de kosten voor dit toestel uit het kostenplaatje worden gehaald. Daarom kunnen de weergeven kosten voor deze maatregel als een bovengrens worden beschouwd. De kosten en haalbaarheid in realiteit is echter volledig afhankelijk van de invoertermijn. De daadwerkelijke vermindering van de kostenpost voor deze maatregel is afhankelijk van de termijn waarin luchtvaartmaatschappijen de toestellen (autonoom) vervangen. Met een invoerdatum van enkele maanden tot enkele jaren (vanaf heden) zal het onwaarschijnlijk zijn dat autonome vlootvernieuwing een grote rol zal spelen in vermindering van het kostenplaatje.

Exploitatiebeperkingen zijn overigens niet opgenomen in de kosten van deze maatregel, omdat wij aannemen dat de (verplichte) vervangende toestellen beschikbaar zullen zijn op de tweedehands markt of als nieuw aanschaf door tijdige aankondiging van het beleid zodat luchtvaartmaatschappijen ruime tijd hebben voor een order. De invoerwaarden voor de berekeningen staan gespecificeerd in Bijlage C.

4.3 Maatregel 3: Bredere toepassing CDA

4.3.1 Geluidsberekening

In deze maatregel zijn twee scenario's berekend: één waarbij alle landingen in de nacht de CDA-procedure volgen (scenario hard) en één waarbij de piekperiode aan het einde van de nacht (06:40-07:00 uur) ongewijzigd blijft, maar de rest van de nacht wel de CDA-procedure volgt (scenario zacht). Tabel 16 toont de resultaten voor de twee varianten.

Tabel 16 Resultaten maatregel 3 – bredere toepassing CDA.

Scenario	Ernstig slaapverstoorden 40 dB(A) L_{night}	Woningen 48 dB(A) L_{night}
Scenario hard	27.600	7.800
Scenario zacht	28.400	7.900

In de referentiesituatie MER NNHS volgde tussen 23:00 en 06:40 uur al gemiddeld 85% van landingen de CDA-procedure. De potentiële geluidswinst door alle landingen volgens de CDA-procedure te laten opereren is daardoor beperkt. Dit blijkt ook uit de resultaten van de geluidsberekeningen. Uit de resultaten valt op te maken dat in het zachte scenario er op het gebied van hinder winst wordt gemaakt, maar dat het aantal woningen juist stijgt. Dit is te verklaren doordat de inzet van de CDA-procedure op grotere afstand van de luchthaven een andere of hogere geluidsbelasting met zich meebrengt, wat zorgt voor een grotere geluidscontour. Bijlage A.3 toont deze verandering in geluidsbelasting.

Het aantal woningen dichter bij de luchthaven, en dus met een hoger hinderpercentage, daalt. Het aantal woningen verder van de luchthaven, en dus met een lager hinderpercentage, stijgt. Bij elkaar daalt daarmee dus niet het aantal woningen, maar wel het aantal ernstig slaapverstoorden.

In het harde scenario blijft het aantal woningen gelijk aan de referentiesituatie, maar het aantal ernstig slaapverstoorden neemt wel af. In absolute aantallen komt deze maatregel in relatie tot de eerste twee maatregelen niet in de buurt van de nachtreductie.

4.3.2 Kosteneffectiviteit

Voor deze maatregel zijn geen berekeningen voor de kosteneffectiviteit uitgevoerd. De kosten voor de uitvoering van deze maatregelen vallen voor rekening van de Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL). De kosten zullen naar verwachting worden beperkt tot operationele kosten van de verkeersleiding. Het uitvoeren van deze maatregel zal waarschijnlijk niet tot capaciteitsproblemen leiden voor de aanvlieg- en opstijgroutes rondom Schiphol. Daarom zullen er geen (significante) verplaatsingen van vluchten nodig zijn door de luchtvaartmaatschappijen en dus ook geen extra operationele kosten.

4.4 Maatregel 4: Woningen saneren

4.4.1 Geluidsberekening

Met deze maatregel worden de woningen binnen de contouren van de referentiesituatie gesaneerd van hoog naar laag in termen van L_{night}-geluidsbelasting. Het aantal woningen dat gesaneerd is, hangt af van het nachtreductiescenario, er is namelijk gesaneerd totdat het aantal ernstig slaapverstoorden is bereikt voor elk van de nachtreductiescenario's.

Tabel 17 geeft het aantal ernstig slaapverstoorden per nachtreductiescenario weer met daarachter het aantal woningen dat gesaneerd moet worden in de referentiesituatie om op een gelijk aantal ernstig slaapverstoorden uit te komen binnen de L_{night} 40 dB(A). Ter informatie is in de laatste kolom ook de woning met de laagste dB(A) L_{night}-waarde gegeven die is gesaneerd. Hieruit blijkt dat voor het scenario met 25.000 ernstig slaapverstoorden dat de woningen bijna tot aan de L_{night} 46 dB(A) contour gesaneerd moeten worden. In figuur 2 wordt in kaart gebracht welke woningen zijn gesaneerd.

Tabel 17 Aantal gesaneerde woningen per nachtreductiescenario.

Scenario	Ernstig slaapverstoorden 40 dB(A) L_{night}	Woningen saneren	Gesaneerde woning met laagste dB(A) L_{night}
Nachtreductie 29.000	26.200	5.100	49,08
Nachtreductie 27.000	24.700	9.500	47,54
Nachtreductie 25.000	23.100	14.700	46,36

Figuur 2 Gesaneerde woningen voor het behalen van de doelen van de nachtreductiescenario's.

4.4.2 Kosteneffectiviteit

Aan de hand van de uitkomsten van de geluidsberekeningen zoals gegeven in sectie 3.4 zijn de kosten voor het saneren van het aantal huizen per scenario berekend. Door de totale kosten van de te saneren woningen in de scenario's te delen door het aantal mensen dat binnen de 40 dB(A) L_{night} contour niet meer slaapverstoord zijn berekenen we de kosteneffectiviteit.

Zoals beschreven in sectie 2.6 worden een aantal woningen gesaneerd (van de woonfunctie onttrokken) door de overheid tot de aantal verminderde slaapverstoorden zijn bereikt zoals in de scenario's met 29.000, 27.000 en 25.000 minder nachtvluchten per jaar. De volgende interpretatie geldt hierbij:

- Om de slaap van één persoon niet meer te verstoren in het scenario waarin nachtvluchten worden gereduceerd tot 29.000, kost het de overheid als deze maatregel wordt toegepast rond de €139 miljoen per jaar.

Tabel 18 Kosten maatregel 4 – Woningen saneren.

Scenario	Delta ESV 40 dB(A) L_{night}	Totale netto kosten saneren woningen	Totale jaarlijkse kosten saneren woningen	Kosteneffectiviteit per ESV
Nachtreductie 29.000	2.500	€ 2.643.000.000	€ 139.000.000	€ 56.000
Nachtreductie 27.000	4.000	€ 4.878.000.000	€ 257.000.000	€ 64.000
Nachtreductie 25.000	5.600	€ 7.434.000.000	€ 392.000.000	€ 70.000

Deze berekening van kosteneffectiviteit zijn indicatieve kosten voor de overheid. Voor het uitvoeren van deze maatregel zullen er zeer waarschijnlijk aanvullende kosten bijkomen. Dit kan bijvoorbeeld een compensatie of vergoeding zijn om bewoners van de te saneren woningen tegemoet te komen. Voor de berekening van het aantal te saneren huizen is gerekend met een gemiddelde aankoopwaarde van de huizenprijs in de gemeente waarin de objecten staan.

Aangezien het saneren van woningen een maatregel is met eenmalige (hoge) kosten van ruim 2,6, 4,9 en 7,4 miljard euro (voor respectievelijk 29k, 27k en 25k scenario), maar een effect heeft voor meerdere jaren, beschouwen wij de kosten als nationale kosten die worden afgeschreven over de gebruikelijke looptijd. Voor de afschrijving van nationale investeringen nemen wij aan dat de rentevoet 2,25% is. De investering wordt afgeschreven over een periode van 25 jaar zoals gebruikelijk in de afschrijving van kosten voor de maatschappij (nationale kosten). De invoerwaarden voor de berekeningen staan gespecificeerd in Bijlage C.

4.5 Maatregel 5: Woningen isoleren

4.5.1 Geluidsberekening

Voor deze maatregel zijn er meerdere varianten bekeken. Net als bij de sanering van woningen, is het startpunt van de isolatie de woning met de hoogste L_{night}-waarde binnen de referentiesituatie. Vervolgens zijn de woningen met een isolatiepakket van 1, 2, 3, 4 of 5 dB(A) 'geïsoleerd' totdat het aantal ernstig slaapverstoorden is bereikt van de nachtreductiescenario's. Tabel 19 toont per isolatiepakket het aantal woningen dat geïsoleerd is om het aantal ernstig slaapverstoorden gelijk te brengen met respectievelijk het nachtreductiescenario's met 29.000, 27.000 en 25.000 vliegtuigbewegingen.

Tabel 19 Aantal geïsoleerde woningen per isolatiepakket en per nachtreductiescenario.

Mate van isolatie slaapruimte	Geïsoleerde woningen nachtreductiescenario 29.000	Geïsoleerde woningen nachtreductiescenario 27.000	Geïsoleerde woningen nachtreductiescenario 25.000
1 dB	81.100	89.800	98.200
2 dB	31.300	48.000	54.000
3 dB	9.900	18.800	24.000
4 dB	5.000	8.400	9.700
5 dB	3.400	4.300	4.800

Deze manier van isoleren kan ertoe leiden dat een bepaald huis wel geïsoleerd wordt, maar een aangrenzend huis niet, omdat het doel (het aantal ernstig slaapverstoorden) al is behaald. In de werkelijkheid is dit wellicht niet realistisch. Deze resultaten geven daarom een indicatie van de aantallen woningen per isolatiepakket wil men hetzelfde resultaat behalen als in de nachtreductiescenario's. Daarbij gaan we in de berekeningen ervan uit dat men slaapt met de ramen dicht. In het geval men slaapt met een raam open, zal de isolatie niet het gewenste effect hebben.

Belangrijk om op te merken is dat de mate van isolatie niet meegenomen wordt in de handhaving. Het gaat immers om de geluidswaarde op de buitengevel van een woning die telt. Daarmee is het onderzoeken van het effect van isolatie voornamelijk ter indicatie. Wellicht is het naar de omgeving toe wel wenselijk om isolatiemaatregelen te treffen, maar dit zal dus niet van invloed zijn op de handhaving.

4.5.2 Kosteneffectiviteit

Omdat we uitsluitend de nachteffecten onderzoeken, gaan we ervan uit dat uitsluitend de slaapruimtes worden geïsoleerd. Aan de hand van de uitkomsten van de geluidsberekeningen zoals gegeven in sectie 3.5 zijn de kosten voor het isoleren van slaapruimten bepaald. Door de totale kosten van het isoleren van woningen te delen door het aantal mensen dat binnen de 40 dB(A) L_{night} contour niet meer slaapverstoord zijn berekenen we de kosteneffectiviteit.

Zoals beschreven in sectie 2.8 worden voor het isoleren van woningen de scenario's voor het reduceren van nachtvluchten als basis genomen. De volgende interpretatie geldt hierbij:

- Om de slaap van één persoon niet meer te verstoren zijn de jaarlijkse kosten voor de overheid ongeveer € 5.000 om het aantal te verminderen zoals in het 29.000 reductiescenario. De jaarlijkse kosten per verminderde slaapverstoorde in het 25.000 reductiescenario is ongeveer € 3.000 euro.

Tabel 20 Kosten voor isoleren van woningen met 5dB per nachtreductiescenario.

Scenario	Delta ESV 40 dB(A) L_{night}	Totale netto kosten woningen isoleren	Totale jaarlijkse kosten woningen isoleren	Kosteneffectiviteit per ESV
Nachtreductie 29.000	2.500	€ 219.000.000	€ 12.000.000	€ 5.000
Nachtreductie 27.000	4.000	€ 277.000.000	€ 15.000.000	€ 4.000
Nachtreductie 25.000	5.600	€ 310.000.000	€ 16.000.000	€ 3.000

Op basis van data uit het isolatieprogramma GIS [ref. 7] hebben we een indicatie kunnen maken van de kosten voor isoleren. Vanwege het feit dat in het GIS programma een isolatie van ten minste 16dB is toegepast zijn bovenstaande kosteninschattingen een overschatting van de kosten. Omdat wij alleen data voorhanden hebben gehad voor de minimale isolatie van 16 dB, worden ook deze bijbehorende kosten gehanteerd. De aantallen te isoleren woningen die volgen uit de scenario's van de geluidsberekeningen zijn wel gehanteerd.

Totale kosten voor het isoleren van woningen zijn 220, 280 en 310 miljoen euro voor het nachtvluchten reductie scenario van 29k, 27k, en 25k respectievelijk. Dit is gebaseerd op het bedrag van woningen isoleren uit het programma GIS (Schiphol). De kosten zijn uit 2006 en hebben wij naar het prijsniveau van 2021 gecorrigeerd met bouwkosten inflatiecijfers van het CBS. De kosten per woning zijn vermenigvuldigd met de aantallen woningen zoals gegeven in paragraaf 4.5.1 voor de aantallen bij een isolatiewaarde van 5dB. De totale kosten zijn uiteindelijk omgerekend naar jaarlijkse kosten (volgens eerdergenoemde manier: met een 25-jarige looptijd van de investering en 2.25% afschrijving) om deze naast de kosteneffectiviteit van de nachtvluchten reductie te kunnen vergelijken.

De invoerwaarden voor de berekeningen staan gespecificeerd in Bijlage C.

5 Conclusies

De tellingen en kosteneffectiviteit van het aantal slaapverstoorden worden vergeleken met de referentiesituatie (MER NNHS) en de drie nachtreductiescenario's uit het voorgaande onderzoek, namelijk 29.000, 27.000 en 25.000 nachtbewegingen. In tabel 21 staan de resultaten samengevat. Onder de tabel worden de conclusies per maatregel beschreven.

Tabel 21 Overzicht resultaten.

Maatregel	Variant	Woningen	ESV	Totale kosten in mln. €	Jaarlijkse kosten in mln. €	Kosten-effectiviteit in €[1]
Referentie MER NNHS	-	7.800	28.700	-	-	-
Nachtreductie	29.000	6.800	26.200	-	7,40-10,9	2.900-4.000
	27.000	5.800	24.700	-	18,0-26,2	4.500-6.200
	25.000	5.200	23.100	-	33,0-47,1	5.900-8.000
Maatregel 1 *Vlootvernieuwing*	2025	6.500	25.100	-	-	-
	2030	4.900	21.800	-	-	-
Maatregel 2 *Weren lawaaiige vliegtuigen*	Zacht	6.200	24.600	1.300	126,0[2]	31.000
	Hard	5.100	22.100	4.670	454,0[2]	69.000
Maatregel 3 *Bredere toepassing CDA*	Zacht	7.900	28.400	-	-	-
	Hard	7.800	27.600	-	-	-
Maatregel 4 *Sanering*	29.000	5.100[3]	26.200	2.650	139,0	56.000
	27.000	9.500[3]	24.700	4.900	257,0	64.000
	25.000	14.700[3]	23.100	7.450	392,0	70.000
Maatregel 5 *Isolatie 5 dB*	29.000	3.400[4]	26.200	220	12,0	5.000
	27.000	4.300[4]	24.700	280	15,0	4.000
	25.000	4.800[4]	23.100	310	16,0	3.000

[1] *kosteneffectiviteit staat voor het aantal euro's per verminderde slaapverstoorden per jaar*
[2] *jaarlijkse kosten gebaseerd op eenmalige kosteninvestering*
[3] *te saneren woningen om aantal slaapverstoorden van nachtreductievariant te behalen*
[4] *te isoleren woningen om aantal slaapverstoorden van nachtreductievariant te behalen*

Maatregel 1: Vlootvernieuwing

Geluid

- Wanneer men uitgaat van een constante vlootvernieuwing over de jaren, zal de hinder aanzienlijk dalen. In 2030 zal het aantal ernstig slaapverstoorden en aantal woningen lager liggen dan in het nachtscenario met 25.000 vliegtuigbewegingen. De geluidswinst die volgt uit de vlootvernieuwing kan echter ook worden gebruikt om grotere vliegtuigen in te zetten, met als mogelijk gevolg dat het aantal slaapverstoorden gelijk blijft. Vlootvernieuwing kan blijvend ten goede komen aan het aantal slaapverstoorden mits een (harde) grenswaarde juridisch wordt vastgesteld. Schiphol is slotgereguleerd en maatschappijen hebben echter zelf de keuze voor het in te zetten vliegtuigtype. Een juridische borging voor het in te zetten vliegtuigtype is niet mogelijk. Directe sturing (vanuit bijvoorbeeld het ministerie) op vlootvernieuwing is wellicht niet mogelijk, maar de (on)mogelijkheden rondom indirecte sturing zou nader onderzocht kunnen worden.

Kosteneffectiviteit

- Voor vlootvernieuwing zijn de kosten van vlootvernieuwing niet in te schatten. Ook is vlootvernieuwing een proces wat zich voltrekt binnen de bedrijfsvoering van de luchtvaart en daarmee zijn er geen bijkomende kosten, afhankelijk van de gewenste vermindering in geluidsbelasting over een periode.

Maatregel 2: Weren meest lawaaiige vliegtuigen

Geluid

- Het harde scenario zorgt voor een positiever resultaat in termen van hinder. Het harde scenario heeft een lager aantal ernstig slaapverstoorden en aantal woningen dan de nachtreductie naar 25.000 vliegtuigbewegingen. Het zachte scenario toont een milder positief beeld, vergelijkbaar met de nachtreductie naar 27.000 vliegtuigbewegingen.

Kosteneffectiviteit

- De vervanging van de meest lawaaiige vliegtuigen heeft in het harde scenario een kosteneffectiviteit van € 69.000 per verminderde slaapverstoorde. Het resulterende aantal slaapverstoorden is lager dan in het scenario van maximaal 25.000 nachtvluchten en kan daarom het beste met de kosteneffectiviteit van 25.000 vergeleken worden. In het scenario zacht heeft deze maatregel een kosteneffectiviteit van €31.000 per verminderde slaapverstoorde. Het aantal slaapverstoorden is ongeveer gelijk aan het aantal in het scenario van maximaal 27.000 nachtvluchten en kan daarom het beste met de kosteneffectiviteit van 27.000 vergeleken worden.

Maatregel 3: Bredere toepassing CDA

Geluid

- In de referentiesituatie volgde tussen 23:00 en 06:40 uur al gemiddeld 85% van landingen de CDA-procedure. De potentiële geluidswinst door alle landingen volgens de CDA-procedure te laten opereren is daardoor beperkt. Dit blijkt ook uit de resultaten. Verder valt op dat in het zachte scenario er op het gebied van hinder weliswaar winst wordt gemaakt, maar dat het aantal woningen juist stijgt. Dit komt doordat een CDA-procedure op grotere afstand van de luchthaven zorgt voor een andere of hogere geluidsbelasting. Het aantal woningen dichter bij de luchthaven (met een hoger hinderpercentage door het hogere geluid) daalt, terwijl het aantal woningen verder van de luchthaven (met een lager hinderpercentage) juist stijgt. Bij elkaar daalt daarmee dus niet het aantal woningen, maar wel het aantal ernstig slaapverstoorden. Deze maatregel komt in relatie tot de eerste twee maatregelen niet in de buurt van de nachtreductiescenario's.

Kosteneffectiviteit

- De kosten voor een bredere uitvoering van CDA vallen naar verwachting voor rekening van de LVNL. De kosten zullen waarschijnlijk worden beperkt tot operationele kosten van de verkeersleiding. Wij nemen aan dat het uitvoeren van deze maatregel niet zal leiden tot capaciteitsproblemen voor de aanvlieg- en opstijgroutes rondom Schiphol tijdens de nachtvluchten.

Maatregel 4: Woningen saneren

Geluid

- Woningen worden binnen de contouren van de referentiesituatie gesaneerd van hoog naar laag in termen van L_{night}-geluidsbelasting. Tabel 22 geeft voor de referentiesituatie het aantal te saneren woningen weer om per nachtreductiescenario op een gelijk aantal ernstig slaapverstoorden te komen.

Tabel 22 Aantal gesaneerde woningen per nachtreductiescenario.

Scenario	Ernstig slaapverstoorden 40 dB(A) L_{night}	Woningen saneren
Nachtreductie 29.000	26.200	5.100
Nachtreductie 27.000	24.700	9.500
Nachtreductie 25.000	23.100	14.700

Kosteneffectiviteit

- De kosteneffectiviteit van deze maatregel bedraagt jaarlijks per verminderde slaapverstoorde € 56.000 euro voor het 29.000 scenario tot € 70.000 euro in het 25.000 scenario. De kosten van deze maatregel zijn eenmalig zeer hoog.

Maatregel 5: Woningen isoleren

Geluid

- Woningen worden 'geïsoleerd' met 1-5 dB(A) totdat het aantal ernstig slaapverstoorden is bereikt van de nachtreductiescenario's. Dit kan ertoe leiden dat een bepaald huis wel geïsoleerd wordt, maar een aangrenzend huis niet, omdat het doel (het aantal ernstig slaapverstoorden) al is behaald. In de werkelijkheid is dit niet realistisch. Hierbij gaan we ervan uit dat men slaapt met de ramen dicht. In het geval men slaapt met een raam open, zal isolatie geen gewenst effect hebben. Isolatie wordt verder niet meegenomen in de handhaving, het gaat immers om de geluidswaarde op de buitengevel van een woning. De resultaten geven daarom slechts een indicatie.

Tabel 23 Te isoleren woningen per isolatie/nachtreductiescenario om tot aantal ernstig slaapverstoorden te komen.

Mate van isolatie slaapruimte	Geïsoleerde woningen 29k	Geïsoleerde woningen 27k	Geïsoleerde woningen 25k
1 dB	81.100	89.800	98.200
2 dB	31.300	48.000	54.000
3 dB	9.900	18.800	24.000
4 dB	5.000	8.400	9.700
5 dB	3.400	4.300	4.800

Kosteneffectiviteit

- De kosteneffectiviteit voor deze maatregel bedraagt jaarlijks tussen de €5.000 en € 3.000 euro per verminderde slaapverstoorde. Dit bedrag is echter zeer afhankelijk van de precieze invulling van een isolatieprogramma voor de in aanmerking komende huizen.

6 Vervolg

Het reduceren van het aantal nachtbewegingen valt onder de vierde categorie maatregelen binnen de evenwichtige aanpak, namelijk exploitatiebeperkingen [ref. 8 en 9]. Een exploitatiebeperking mag volgens de Europese Verordening 598/2014 pas worden toegepast nadat de overige categorieën maatregelen uit de evenwichtige aanpak in overweging zijn genomen. In het voorgaande onderzoek is de kosteneffectiviteit van de nachtreducties al in kaart gebracht en in voorliggend rapport zijn deze geactualiseerd. In dit onderzoek zijn er optionele maatregelen onderzocht die onderdeel uit maken van de verschillende basisprincipes en daarmee vergeleken kunnen worden met de nachtreductiescenario's. De maatregelen zijn in tabel 24 toegewezen aan de verschillende basisprincipes van de evenwichtige aanpak.

Tabel 24 De evenwichtige aanpak en de maatregelen.

Basisprincipe evenwichtige aanpak	Maatregel
1) Verwachte beperking van het geluid aan de bron	Maatregel 1: Vlootvernieuwing
2) Ruimtelijke ordening en beheer	Maatregel 4 en 5: Woningen saneren en isoleren
3) Wijziging van operationele procedures	Maatregel 3: Bredere toepassing CDA
4) Exploitatiebeperking	Maatregel 2: Weren meest lawaaiige vliegtuigen

Op basis van de kosteneffectiviteit blijkt uit de resultaten (tabel 21) dat de reductie van het aantal nachtbewegingen naar 29k de laagste kosten per slaapverstoorde geeft ten opzichte van de in dit onderzoek onderzochte maatregelen. Daarmee lijkt, met betrekking tot de kosteneffectiviteit, de door het ministerie beoogde maatregel om het aantal nachtbewegingen op Schiphol met 3.000 te beperken de meest logische optie voor het beperken van de nachtelijke slaapverstoring.

Een verdere reductie in het aantal nachtbewegingen is met betrekking tot de kosteneffectiviteit in theorie niet het gunstigst. Het isoleren van woningen met minimaal 5 dB brengt namelijk relatief lagere kosten met zich mee om tot een gelijk aantal slaapverstoorden te komen als in de scenario's met respectievelijk maximaal 27k en 25k nachtbewegingen. Echter gaan we er hier wel vanuit dat men slaapt met de ramen dicht. Het is echter aannemelijk dat een deel van de omwonenden met het raam open slaapt, met name in de zomermaanden. Het zomerseizoen is echter ook het drukkere seizoen met betrekking tot het vliegverkeer en nachtvluchten. Hoe kosteneffectief en doeltreffend in praktijk deze maatregel zal zijn om slaapverstoring tot een gewenst niveau te beperken, vergt daarom nader onderzoek.

De overige maatregelen komen met betrekking tot de kosteneffectiviteit niet in de buurt van de nachtreductiescenario's:

- Maatregel 1 (Vlootvernieuwing) is in principe geen maatregel die het ministerie kan toepassen. Echter geeft dit wel een beeld wat de trend in vlootvernieuwing kan doen op het gebied van slaapverstoring. Wil het ministerie het aantal slaapverstoorden structureel verlagen in relatie tot de geluidswinst die volgt uit vlootvernieuwing, dan zal hier enige vorm van juridische borging noodzakelijk zijn. Directe sturing vanuit het ministerie op vlootvernieuwing is wellicht niet mogelijk, maar de (on)mogelijkheden rondom indirecte sturing zou nader onderzocht kunnen worden.
- Maatregel 2 (Weren lawaaiige vliegtuigen) is voor de verlaging van het aantal slaapverstoorden weliswaar zeer effectief - de resultaten zijn te vergelijken met de nachtreductiescenario's met 27k en 25k bewegingen -, maar in relatie tot de kosteneffectiviteit van de nachtreducties, valt deze maatregel veel nadeliger uit. De kosteneffectiviteit van deze maatregel bedraagt jaarlijks € 69.000 en € 31.000 respectievelijk in het harde en zachte scenario. De kosten voor de investering van de vervanging van de meest lawaaiige vliegtuigen vallen volledig voor rekening van de luchtvaartmaatschappijen. De

totale investeringskosten bedragen ruim € 4 miljard en ruim € 1 miljard voor respectievelijk het harde en zachte scenario, hetgeen bij de invoering van de maatregel moet worden uitgegeven. De totale jaarlijkse kosten voor de maatregel zijn respectievelijk ruim € 400 miljoen en ruim € 100 miljoen. Dit in tegenstelling tot de reductie van nachtvluchten die de luchtvaartmaatschappijen in totaal jaarlijks € 33 miljoen tot € 45 miljoen bedraagt voor het 25k nachtvluchten reductiescenario (vergelijkbaar met vervangings-*scenario hard*), en € 7 miljoen tot € 10 miljoen per jaar bedraagt voor het 29k scenario, (vergelijkbaar met vervangings-*scenario zacht*). Daarom is een verplichte vervanging van de meest lawaaiige vliegtuigen geen kosteneffectieve maatregel voor het verminderen van slaapverstoring.

- Naast dat de kosteneffectiviteit van maatregel 3 niet goed in beeld gebracht kan worden, heeft de volledige toepassing van CDA's gedurende de nacht maar een beperkt effect op het aantal slaapverstoorden. Daarbij is onze verwachting dat zodra de toepassing van 100% CDA-procedures gedurende de nacht technisch en capaciteitsgewijs haalbaar zijn, Schiphol en LVNL dit ook zullen toepassen. Gezien de geringe bijdrage van CDA's op slaapverstoring is extra stimulans vanuit de overheid weinig effectief.
- Maatregel 4 (Woningen saneren) leidt tot zeer hoge kosten met als gevolg dat in relatie tot de kosteneffectiviteit deze maatregel moeilijk te overwegen is in vergelijking met de nachtreductiescenario's. De kosteneffectiviteit van het saneren van woningen is voor alle reductiescenario's ongeveer tien keer hoger dan de kosteneffectiviteit van het reduceren van nachtvluchten. Uiteraard is in het onderzoek enkel sprake van een modelmatige exercitie. In het onderzoek is verder niet onderzocht of saneren ook praktisch uitvoerbaar is, maar het saneren van woningen zal leiden tot een onevenredig grote ingreep in het leven van bewoners in relatie tot het doel van de maatregel. Daarom beschouwen wij deze maatregel niet als een geschikt doelmatig alternatief voor het reduceren van nachtelijke slaapverstoring.
- Maatregel 5 (Woningen isoleren) leidt eveneens tot zeer hoge (eenmalige) kosten. De kosteneffectiviteit voor de beperking van slaapverstoring valt in de 27k en 25k reductiescenario's enigszins lager uit dan de kosteneffectiviteit van het reduceren van nachtvluchten (€4.000 en €3.000 respectievelijk voor maatregel 5 ten opzichte van €4.500 en €5.900 voor de reductie naar 27k en 25k nachtvluchten). Echter, nemen we aan dat bewoners niet altijd met de ramen dicht slapen en dus zal in praktijk de beoogde vermindering van het aantal slaapverstoorden waarschijnlijk niet worden behaald. Er is geen waarborging voor een volledige doeltreffendheid van deze maatregel. De maatregel kan effectief zijn, maar o.a. het slapen met de ramen open zal effectiviteit verminderend zijn.

Concluderend zijn er enkele additionele opties om verstoring van de nachtrust enigszins te verminderen, zoals het aansporen van het gebruik van stillere vliegtuigen en/of het wijzigen van operationele procedures bij het landen. Echter zullen deze maatregelen op zichzelf onvoldoende zijn om nachtelijke slaapverstoring zodanig te beperken dat de beoogde vermindering van het aantal slaapverstoorden in de omgeving van Schiphol wordt behaald. Aangezien de kosteneffectiviteit en doeltreffendheid van de overige onderzochte maatregelen niet beter zijn dan de kosteneffectiviteit, doeltreffendheid en waarborging van daadwerkelijke reductie van slaapverstoring bij een beperking van het aantal nachtvluchten, beschouwen wij deze maatregelen niet als geschikte alternatieven.

Referenties

1. ACNL (2021). *Advies reductie nachtvluchten Schiphol.*
2. Adecs Airinfra Consultants & CE Delft (2020). *Onderzoek vermindering aantal nachtvluchten Schiphol.*
3. EASA (2021). *EASA Certification Noise Levels – Jet Aeroplanes Noise Database.* Geraadpleegd via: https://www.easa.europa.eu/domains/environment/easa-certification-noise-levels.
4. InterVISTAS (2007). *Estimating Air Travel Demand Elasticities*.
5. Panteia (2018). *Kostencalculaties in het beroepsgoederenvervoer over de weg*. Geraadpleegd via: https://panteia.nl/index.cfm/_api/render/file/?method=inline&fileID=5B52D01F-D3BA-4170-9179D3CC1C0706B5.
6. EASA. (2021) *EASA Aircraft Certification Noise Levels*. Geraadpleegd via: https://www.easa.europa.eu/domains/environment/easa-certification-noise-levels
7. ATOsborne (2013). *Eindrapportage beleidsevaluatie Geluidsisolatieprogramma Schiphol* (GIS-3).
8. ICAO (2008). *Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management.* Second edition, Doc. 9829 AN/451.
9. EASA (2014). *Regulation No. 598/2014 of the European Parliament and of the Council on the establishment of rules and procedures with regard to the introduction of noise-related operating restrictions at Union airports within a Balanced Approach and repealing Directive 2002/30/EC.*

Bijlage A Geluidsbelasting in kaart gebracht

A.1 Maatregel 1: Vlootvernieuwing

Figuur 3 Geluidcontouren maatregel 1: vlootvernieuwing.

A.2 Maatregel 2: Weren meest lawaaiige vliegtuigen

Figuur 4 Geluidcontouren maatregel 2: weren meest lawaaiige vliegtuigen.

A.3 Maatregel 3: Bredere toepassing CDA

Figuur 5 Geluidcontouren maatregel 3: bredere toepassing CDA.

Bijlage B Herberekeningen kosteneffectiviteit reductie nachtvluchten

B.1 Reactie op opmerkingen ACNL

Airport Coordination Netherlands (ACNL) heeft in zijn advies over de reductie van nachtvluchten [ref. 1] een reactie van een aantal luchtvaartmaatschappijen opgenomen op het vorige kosteneffectiviteit onderzoek [ref. 2]. Als onderdeel van deze opdracht heeft CE Delft de methode voor de kostenberekeningen besproken met luchtvaartmaatschappijen, op punten herzien, nieuwe inputdata gebruikt en de berekeningen opnieuw uitgevoerd. Dit heeft geleid tot een andere inschatting van de kosten.

CE Delft heeft twee bijeenkomsten gehouden met luchtvaartmaatschappijen. In de eerste bijeenkomst heeft CE Delft de reactie uit het ACNL raspport samengevat en een aanpassing van de methodologie voorgesteld. In de tweede bijeenkomst is deze methodologie verder verfijnd en besproken met de airlines, waarna een vragenlijst is rondgestuurd voor inputs voor de berekeningen.

Deze bijlage presenteert eerst de aangepaste methodiek voor de berekeningen (B.2), vervolgens de uitkomsten (B.3) waarna de conclusies volgen (B.4). De invoergegevens voor de berekeningen staan in B.5.

B.2 Methode herberekeningen

Net als het vorige rapport onderscheidt dit rapport low-cost en chartermaatschappijen; netwerkmaatschappijen, vrachtmaatschappijen en express-maatschappijen, die elk nachtvluchten met een ander doel gebruiken. De methode voor de berekening van de kosten van een reductie van het aantal nachtvluchten verschilt per type maatschappij. De veranderingen in methode, aannames en invoer zijn per type luchtvaartmaatschappij uiteengezet in de volgende secties.

B.2.1 Low-cost carriers en charter maatschappijen

Chartermaatschappijen (en in mindere mate low-cost maatschappijen) gebruiken nachtvluchten om de inzet van hun vliegtuigen te maximaliseren en zo de kosten per passagier te verminderen. Wanneer bepaalde vluchten niet meer ’s nachts zouden kunnen opstijgen of landen, heeft een maatschappij meer toestellen nodig om hetzelfde aanbod te leveren.

Het ACNL-rapport geeft aan dat CE Delft in het vorige rapport geen rekening had gehouden met de seizoensgebonden vraag naar vluchten van met name chartermaatschappijen. De seizoen fluctuaties hebben invloed op het aantal extra vliegtuigen dat maatschappijen moeten leasen en daarmee op de kosten. In de nieuwe methode zullen de benodigde extra vliegtuigen zullen in de berekeningen worden geleased voor een heel jaar zoals in praktijk gebeurt bij chartermaatschappijen. De leasekosten per (type) toestel per jaar komen uit publieke bronnen en zijn door een luchtvaartmaatschappij als plausibel beoordeeld.

Het aantal (enkele) vluchten dat per vliegtuig in een dag (24 uur) kan worden gemaakt is aangepast van 5 naar 6 op basis van nieuwe data uit de sector en eigen analyse. Wanneer het aantal nachtvluchten wordt verminderd, kan een aantal toestellen alleen tussen 07:00 en 23:00 vliegen. In dat tijdsbestek zijn vier enkele vluchten mogelijk.

Voor de extra vluchten zijn extra toestellen nodig, waarvan wordt aangenomen dat ze geleased worden. Extra toestellen zorgen niet voor extra parkeerkosten omdat deze nul zijn in de nacht op Schiphol, overdag

zijn de parkeerkosten ook nul voor de eerste aaneengesloten 6:15 uur. Omdat de vliegtuigen de maximale aantal vluchten op een dag vliegen zullen zij in theorie overdag nooit meer dan 6:15 uur geparkeerd staan op Schiphol. Echter, in het laagseizoen zal er in praktijk zeer weinig of geen gebruik worden gemaakt van deze toestellen. Voor deze periode zijn er wel stallingskosten. Aangezien dit om langere parkeertijd gaat gaan wij er van uit dat a) het om contracten gaat met relatief minder hoge kosten voor stallen ten opzichte van het normale tarief op Schiphol, b) stallen gebeurt op andere luchthavens welke voor stalling en onderhoud zijn bestemd en daarmee dus lagere kosten hebben ten opzichte van stallen van vliegtuigen op een drukke luchthaven als Schiphol. Deze kosten zijn per partij en ontvangende luchthaven afhankelijk en zetten wij daarom op PM.

Er zijn geen extra handling kosten omdat elke verplaatste vlucht dezelfde handling nodig heeft. In praktijk zouden deze kosten zelfs minder hoog kunnen uitvallen ten opzichte van de referentie, omdat handling overdag eventuele nachttoeslagen voor personeel vermijden.

B.2.2 Netwerkmaatschappijen

Netwerkmaatschappijen gebruiken nachtvluchten vooral om transferpassagiers aansluiting te geven op vroeg vertrekkende intercontinentale vluchten. Wanneer het aantal nachtvluchten verminder wordt, verminderd het aanbod van transferpassagiers.

Het ACNL-rapport geeft aan dat CE Delft in het vorige rapport geen rekening had gehouden met het feit dat herplaatsing van vluchten naar de dag niet altijd mogelijk is vanwege de piekuurcapaciteit en dat netwerkmaatschappijen op twee verschillende manieren kunnen reageren op het kleinere aanbod van transferpassagiers: door meer OD-passagiers aan te trekken (waarvoor de prijzen verlaagd moeten worden) of door een lagere bezettingsgraad te accepteren.

Het wegvallen van een deel van de vroege ochtendvluchten voor de aanvoer van transfer passagiers op de eerste intercontinentale vluchten (ICA) van de dag heeft invloed op de omzet per ICA vlucht. Door het verplaatsen of annuleren van de vroege feeder (OD) vluchten van netwerkmaatschappijen zal de vloot van de korte- en middellangeafstand minder gebruikt worden. Dit betekent dat de kosten voor het toestel over een lager totaal aantal betalende passagiers moet worden terugverdiend en dus de winstmarge per passagier waarschijnlijk zal dalen (zonder aanpassingen aan de prijs of inzet van toestellen). Deze kosten zijn niet publiekelijk beschikbaar en niet door de sector met ons gedeeld waardoor wij de kosten voor de lagere winstmarge per passagier niet kunnen meenemen in de berekening. Daarnaast verwachten wij dat het verminderen van het aantal vluchten per dag de levensduur van het vliegtuig met enige tijd verlengd. Dit omdat de afschrijving van vliegtuigen naar rato van het aantal vlieguren of vlieg cycli gaat (landingen en starts).

In de herberekeningen hebben wij twee opties voor de netwerkmaatschappijen berekend. Voor de eerste optie passen de airlines hun prijzen naar beneden aan zodat de bezettingsgraad (+/- 89%) op ICA vluchten gelijk blijft, en dus wordt ingevuld met een relatief hoger aantal OD-passagiers. Dit wordt berekend met een minimum en een maximum elasticiteit voor luchtvaart reizigers, welke hetzelfde is zoals in de vorige studie (zie onder). De tweede optie is dat airlines geen aanpassingen doen in prijzen en de ICA-vluchten blijven uitvoeren met het verminderd aantal transfer passagiers en dus een lagere bezettingsgraad. De gederfde inkomsten zijn berekend met het aandeel ICA-transferpassagiers op de vroege ochtend feeder vluchten, en de afname van het aantal vluchten.

Voor de berekening hanteren prijselasticiteiten van minimaal -1,26 en maximaal -1,68 op basis van een studie van InterVISTAS (ref. 4), berekend voor intercontinentale vluchten vanaf Europa. Wij gaan ervanuit

dat de aantallen OD-passagiers en daarmee omzet die voortkomt uit het vervoeren van OD-passagiers op de vroege feeder vluchten naar Schiphol zodanig laag is dat er geen reden is om deze vluchten te verplaatsen naar een ander tijdstip. Voor de berekeningen voor verloren omzet gaan we er dan ook van uit dat deze opbrengsten ten opzichte van de kosten voor het uitvoeren van deze vlucht per OD-passagier verwaarloosbaar zijn. Daarom zetten wij deze kosten op PM.

Er zijn geen extra kosten voor het parkeren van de vliegtuigen voor de korte- en middellange afstand die voorheen de nachtvluchten uitvoerden. Omdat wij ervan uitgaan dat deze toestellen de bestaande vluchten in de ochtend na 07:00 uitvoeren om de inkomende ICA-passagiers naar andere Europese bestemmingen te brengen worden gehandhaafd, zullen de toestellen op Schiphol geparkeerd staan gedurende de nacht. Aangezien er op Schiphol geen parkeerkosten tot 6:15 worden gerekend en gezien het feit dat 's nachts een nultarief geldt van 23:00 tot 07:00, zijn de parkeerkosten door een reductie van nachtvluchten nul.

B.2.3 Cargo

Het vorige rapport had de kosten voor vrachtmaatschappijen niet gekwantificeerd. In overleg met de sector hebben we nu berekend wat de kosten zijn als vrachttoestellen uit moeten wijken naar een andere tijd (waarbij we uitgaan van een andere Nederlandse luchthaven vanwege de beperkte capaciteit op Schiphol) of naar een andere luchthaven (in welk geval Köln-Bonn in aanmerking komt. Andere luchthavens in Nederland zijn 's nachts gesloten. De luchthavens van Brussel en Luik hebben te maken met capaciteitsbeperkingen of verminderde bereikbaarheid waardoor vervangende vluchten vanaf deze luchthavens niet mogelijk wordt geacht door de geraadpleegde vrachtmaatschappijen.

Voor cargovluchten zijn de kosten voor het verplaatsen van de operatie naar andere tijdstippen en andere geschikte luchthavens berekend. Aangezien cargo niet volledig aan de nacht cyclus gebonden is zoals express maatschappijen dat wel zijn, hebben wij in een laag kosten scenario voorgesteld dat cargovluchten naar de dag op Schiphol worden uitgevoerd en (deels) overdag vanaf Maastricht Aachen airport worden uitgevoerd. In een hoog kosten scenario worden alle gereduceerde cargo nachtvluchten naar Keulen-Bonn airport verplaatst, die alsnog 's nachts worden uitgevoerd.

De grootste kostenport voor het verplaatsen van de nacht cargo vluchten bestaat uit het vervoeren van goederen uit Nederland naar de alternatieve luchthavens. Uit eerdere interviews gehouden met de luchtvrachtsector blijkt dat het vervoeren van luchtvracht in trucks 10-15 eurocent per kilo kost voor afstanden tot 600 kilometer. In de berekening van dit extra nodig voortransport door het verplaatsen van nachtvluchten naar andere luchthavens hebben wij gebruik gemaakt van de uurkosten voor goederentransport uit kostencalculaties van Panteia [ref. 5].

Partijen uit de sector gaven aan dat ze ook extra kosten verwachten als de handling van goederen op Schiphol naar vrachtwagens en vervolgens van de vrachtwagens naar de vliegtuigen op de alternatieve luchthavens plaatsvindt. Echter, aangezien contracten voor transport van goederen kunnen worden aangepast op de middellange termijn, zal uiteindelijk worden gekozen voor de meest optimale manier en route van transport. Dit betekent dat de goederen direct vanaf de aanvoerende bedrijven (of cargo verzamelcentra) richting de luchthavens (MST en/of CGN) wordt getransporteerd, zonder extra handling op Schiphol. Er zal dus geen extra handling nodig zijn en daarom rekenen wij geen extra handling kosten.

Het verschil in kosten voor landingen, handling en kerosine tank kosten voor de verplaatste cargo vluchten op Schiphol en op de alternatieve luchthavens zijn ook meegenomen in het totale kostenplaatje.

B.2.4 Express

Express maatschappijen zijn afhankelijk van nachtvluchten om post en pakketten de volgende dag te kunnen afleveren. Hierdoor is verplaatsing van vluchten naar een ander tijdstip geen optie. In het vorige rapport zijn de kosten voor expresmaatschappijen niet gekwantificeerd. In de herziene berekening zijn de kosten voor het verplaatsen van de operatie naar andere geschikte luchthavens berekend.

Naar aanleiding van eigen onderzoek en overleg met de sector zijn wij tot de conclusie gekomen dat alleen Keulen-Bonn een voldoende geschikt alternatief is voor het uitvoeren van vervangende nachtvluchten voor expressmaatschappijen. Op andere luchthavens in Nederland zijn nachtvluchten niet toegestaan. De luchthaven van Brussel en Luik hebben te maken met operationele capaciteitsbeperkingen in de nacht waardoor vervangende vluchten vanaf deze luchthavens niet mogelijk wordt geacht. In de berekeningen worden alle gereduceerde nacht expressvluchten naar Keulen-Bonn airport verplaatst, en 's nachts uitgevoerd.

De grootste kostenport voor het verplaatsen van een deel van de nachtelijke express vluchten bestaat uit het vervoeren van goederen uit Nederland naar Keulen-Bonn airport aan het eind van de dag. De sector gaf aan dat er daardoor extra kosten zullen zijn voor de handling van goederen op Schiphol naar vrachtwagens en vervolgens van de vrachtwagens naar de vliegtuigen op de alternatieve luchthavens. Aangezien contracten voor transport van goederen kunnen worden aangepast op de middellange termijn, zal de meest optimale manier en route van transport worden uitgevoerd. Dit betekent dat de goederen direct vanaf de aanvoerende bedrijven (of verzamelcentra van express bedrijven) richting de luchthavens wordt getransporteerd, zonder extra handling op Schiphol.

Een verplaatsing van een deel van de nachtvluchten van Schiphol naar een andere luchthaven zal ook leiden tot een lager serviceniveau voor klanten in de omgeving van Schiphol omdat de post en pakketten langer onderweg zijn. De kosten hiervan zijn niet ingeschat.

Het verschil in kosten voor landingen, handling en kerosine tank kosten voor de verplaatste vluchten op Schiphol en Keulen-Bonn airport zijn ook meegenomen in het totale kostenplaatje. Extra kosten voor het verplaatsen van de operaties zullen logischerwijs aanwezig zijn. Deze kosten zijn onderdeel van de bedrijfsvoering en dus niet mogelijk te berekenen. Deze kosten zullen kunnen worden doorberekend aan de klant, zonder dat dit concurrentiepositie van express maatschappijen aantast, aangezien er geen (beter) alternatief is voor express transport. Alle bedrijven in Nederland die gebruik maken van express diensten zullen te maken krijgen met mogelijke (financiële) gevolgen van een reductie van nachtvluchten.

B.3 Resultaten

De geluidsberekeningen voor het effect van een reductie van nachtvluchten zijn ongewijzigd, en daarmee zijn de aantallen verplaatste nachtvluchten voor alle maatschappijen hetzelfde zoals in de vorige studie. In de volgende secties presenteren wij de herberekeningen van de totale kosten per type luchtvaartmaatschappij. Ook presenteren wij de kosteneffectiviteit van het reduceren van de nachtvluchten voor de scenario's, gebaseerd op de totale kosten uit de herberekeningen. Alle kostencijfers zijn afgerond op tienduizend euro.

B.3.1 LCC

Low-cost carriers en chartermaatschappijen optimaliseren de inzet van hun toestellen, en zorgen ervoor dat ze zo veel mogelijk in de lucht zijn en een korte turnaround tijd hebben aan de grond van de luchthaven. Om één toestel zo veel mogelijk vluchten per dag uit te laten voeren maken deze

maatschappijen gebruik van nachtslots. De low-cost carriers en chartermaatschappijen die hun hub niet kunnen verplaatsen naar het buitenland zullen de vluchten verplaatsen naar een ander moment van de dag. Aangezien de strategie van deze maatschappijen al gericht is op het maximaliseren van het aantal vlieguren, kunnen er niet zomaar extra vluchten met het bestaande aantal toestellen worden uitgevoerd. Er zullen extra toestellen moeten worden geleased. Om de kosten van de extra toestellen uit te rekenen hanteren we de volgende aannames:

- Een enkele vlucht duurt 3 tot 3.5 uur voor low-cost vluchten, aangezien deze voornamelijk bestemmingen in Europa en rond de Middellandse zee uitvoeren;
- Een gemiddeld low-cost toestel kan vanwege dit feit vier enkele vluchten per dag uit uitvoeren overdag (07:00-23:00);
- De kosten voor een vliegtuig dat geschikt is voor het uitvoeren van typische low-cost en chartervluchten kost gemiddeld € 2.700.000 euro per jaar en weergegeven in scenario Gemiddeld;

Tabel 25 Jaarlijkse kosten voor alle low-cost en chartermaatschappijen.

	Scenario 29k nachtvluchten	**Scenario 27k nachtvluchten**	**Scenario 25k nachtvluchten**
Kosten Laag	€ 1.970.000	€ 3.950.000	€ 5.920.000
Kosten Gemiddeld	€ 2.690.000	€ 5.380.000	€ 8.060.000
Kosten Hoog	€ 3.400.000	€ 6.800.000	€ 10.200.000

NB: bij alle scenario's komen er PM kosten bij vanwege de verwachte stallingskosten tijdens het laagseizoen voor de extra geleasede vliegtuigen.

De totale kosten voor de low-cost en chartermaatschappijen is ingeschat in de range van 2 miljoen euro tot ruim 3 miljoen euro voor het scenario van maximaal 29.000 nachtvluchten. In het geval van een reductie van nachtvluchten tot 25.000 zijn de verwachte kosten bijna 4 miljoen euro tot 7 miljoen euro voor LCC's. In het scenario Laag gaan we er van uit dat alle extra toestellen van het soort Boeing 737-NG of Airbus A320 zijn. In het scenario Hoog nemen we aan dat alle extra toestellen van het soort Boeing 737-Max 8 of -9, of Airbus A320-Neo zijn. Deze vliegtuigen zijn stiller en zuiniger en passen bij een meer duurzame ambitie die enkele luchtvaartmaatschappijen hebben gesteld. In het Gemiddeld scenario is er een gelijke weging in de keuze van de extra te leasen soort toestellen.

In het scenario van 29.000, 27.000 en 25.000 nachtvluchten respectievelijk 4, 7 en 9 bewegingen per dag, d.w.z. starts of landingen moeten worden verplaatst van de nacht naar de dag. Daaruit volgt dat er respectievelijk 1, 2, en 3 extra vliegtuigen nodig per dag voor het uitvoeren van deze aantallen vluchten. Met de herziene aanname dat vliegtuigen 6 vluchten (12 starts óf landingen) per 24 uur kunnen uitvoeren, waarvan wordt aangenomen dat in praktijk (vanwege nachtbeperkingen) 4 enkele vluchten worden gevlogen (tussen 07:00 en 23:00) met de extra vliegtuigen komen wij op deze verandering in aantal benodigde toestellen voor het scenario 25k nachtvluchten. Voor de andere twee scenario's verandert deze aanname de resultaten niet. Het grootste deel van de verplaatste nachtvluchten vinden echter plaats in de zomerperiode, waardoor er zonder aanpassingen in de dienstregeling inefficiënties kunnen ontstaan in het gebruik van deze extra toestellen.

B.3.2 Netwerk

Netwerkmaatschappijen zullen vooral nachtvluchten gaan verplaatsen die het intercontinentale netwerk niet schaden. De Europese aan- en afvoervluchten zullen daarom vooral geraakt worden. De grootste kostenpost voor netwerkmaatschappijen is dat zij hun intercontinentale vluchten niet meer vol kunnen krijgen (revenue impact). Deze kosten kunnen wij berekenen aan de hand van een prijselasticiteit, een

factor die aangeeft in welke mate de vraag naar een bepaald product reageert op veranderingen in de prijs van het product. De prijzen van tickets zullen moeten dalen om de bezettingsgraad van de intercontinentale vluchten weer op het oude niveau te krijgen.

Tabel 26 Jaarlijkse kosten voor netwerkmaatschappijen (totale markt: Skyteam + overig).

Maatregel		**Scenario 29k nachtvluchten**	**Scenario 27k nachtvluchten**	**Scenario 25k nachtvluchten**
Optie 1	Kosten Laag	€ 4.580.000	€ 12.720.000	€ 24.950.000
	Kosten Hoog	€ 6.110.000	€ 16.970.000	€ 33.270.000
Optie 2		€ 8.290.000	€ 23.050.000	€ 45.250.000

In het vorige rapport zijn kosten gepresenteerd voor netwerkmaatschappijen. Dit betreft echter kosten voor alle Skyteam netwerkmaatschappijen. Een berekening voor de hele markt van netwerkmaatschappijen die op Schiphol zouden worden geraakt door een reductie van nachtvluchten is hierboven gepresenteerd. Dat verklaart het verschil in de bedragen tussen de herberekeningen en die uit het vorige rapport.

In optie 1 is het verlies in inkomsten te zien per reductie scenario in een Laag en Hoog kosten scenario. Het prijsverschil is het gevolg van een relatief hogere en lagere elasticiteit voor respectievelijk de scenario's Laag en Hoog[6]. Naast het effect op de omzet zoals hierboven toegelicht, zijn er mogelijk andere (in)directe kosten en effecten die momenteel nog niet goed in te schatten zijn (bijvoorbeeld of er wel slotruimte is op de buitenstations en mogelijke retaliatie-effecten). Deze soort effecten zijn lastig te kwantificeren omdat de kans dat ze optreden niet goed ingeschat kan worden, omdat ze een analyse vergen die verder gaat dan de opdracht van dit onderzoek of omdat er gedetailleerde operationele en bedrijfseconomische kennis van alle getroffen luchtvaartmaatschappijen voor nodig is. Omdat deze kennis echter niet voorhanden is kunnen we de kosten van deze posten niet berekenen.

Optie 2 is een indicatie voor het effect in de situatie dat luchtvaartmaatschappijen geen aanpassing aan de ticketprijzen doen, waardoor de bezettingsgraad op de vroege ICA-vluchten daalt. De ingeschatte kosten in optie 2 zijn aanzienlijk hoger dan in optie 1. Wij hebben deze optie berekend ter indicatie van de beoogde kosten in en statische situatie. Deze optie is vanuit bedrijfseconomisch perspectief niet plausibel omdat dit sterk afwijkt van hoe de markt in werkelijkheid zal reageren. Daarom zullen de kosten van optie 2 niet worden meegenomen in de totaal berekening van kosten en de kosteneffectiviteit.

B.3.3 Cargo

Cargomaatschappijen zullen, als ze minder nachtvluchten uit mogen voeren, zich concentreren op de belangrijkste verbindingen. Daardoor zullen er minder vluchten uitgevoerd worden en zal een deel van de goederen op een andere manier verplaatst worden, of van/naar een andere luchthavens vervoerd worden. In dat laatste geval kunnen goederen daarom mogelijk een grotere afstand over de weg afleggen. De totale luchthavenkosten voor het uitvoeren van een vlucht zijn vergeleken met de kosten op Schiphol lager op Maastricht airport, maar hoger op Keulen-Bonn airport. Dit ligt vooral aan het feit dat de vluchten op Maastricht in het scenario Laag overdag worden uitgevoerd, en op Keulen-Bonn 's nachts.

[6] In het geval van een hogere elasticiteit, is er relatief minder prijsverandering nodig om de vraag aan te trekken tot oorspronkelijk niveau. Dit resulteert dus in minder omzetverlies, daarom is dit geduid met scenario Laag.

Tabel 27 Jaarlijkse kosten voor cargomaatschappijen

	Scenario 29k nachtvluchten	Scenario 27k nachtvluchten	Scenario 25k nachtvluchten
Kosten Laag (MST - dag)	€ 90.000	€ 180.000	€ 260.000
Kosten Hoog (CGN - nacht)	€ 660.000	€ 1.240.000	€ 1.810.000

Aangezien we aannemen dat alle nachtvluchten kunnen worden verplaatst naar een andere luchthaven, is er geen omzetverlies omdat hetzelfde volume goederen wordt vervoerd. De kosten voor cargo-maatschappijen bestaan daarom uit het vervoer van goederen naar andere luchthavens en het verschil in handlingkosten, toeslagen en andere luchthavenkosten per vlucht. De directe kosten voor het uitvoeren van een cargovlucht op Maastricht zijn lager dan op Schiphol. Hier drukt een positief verschil dus op de totale kosten voor het verplaatsen van de vluchten. Het verschil in afstand naar de alternatieve luchthavens en het tijdstip zorgt voor het verschil in de totale kosten voor het verplaatsen van de cargovluchten.

Een andere belangrijke kostenpost is de kosten die gepaard gaan met het verplaatsen van operaties, als deze gesloten worden. Aangezien deze kosten zeer afhankelijk zijn van de bestaande operaties van de cargo maatschappijen op andere luchthavens hebben wij deze kosten niet kunnen kwantificeren en zetten wij deze op PM. Daarom kunnen bovenstaande kosten als een minimum worden beschouwd.

Het afhandelen van cargo heeft mogelijk kostenschaalvoordelen met een toenemend volume. Het is mogelijk dat door de vermindering van het volume luchtvracht de afhandelings-infrastructuur van cargo op Schiphol kleiner van omvang wordt en schaalvoordelen afnemen. Het is onwaarschijnlijk dat cargo activiteiten zullen wegvallen op Schiphol als er een beperking is van een deel van de nachtvluchten, gezien het feit dat een deel van de cargo nachtvluchten gehandhaafd blijven, de aanwezigheid van ruimte voor cargo in het ruim van vliegtuigen voor passagiersvluchten en vanwege de omvang economische activiteiten in de regio.

B.3.4 Express

Express maatschappijen zullen, als ze minder nachtvluchten uit mogen voeren, zich ook concentreren op de belangrijkste verbindingen. Daardoor zullen er minder vluchten uitgevoerd worden en zal een deel van de expresgoederen op een andere manier verplaatst worden, of van/naar een andere luchthavens vervoerd worden. Aangezien we hebben vastgesteld dat express nachtvluchten alleen kunnen worden uitgevoerd is de enige optie om deze vluchten te verplaatsen naar een andere luchthaven waar dit mogelijk is. Zoals in paragraaf B.2 besproken, alleen Keulen-Bonn airport komt in aanmerking hiervoor. De kosten voor het transport en verschil in handlingkosten, toeslagen en andere luchthavenkosten zijn berekend voor alle vervangende express nachtvluchten in de reductie scenario's.

Tabel 28 Jaarlijkse kosten voor expressmaatschappijen

	Scenario 29k nachtvluchten	Scenario 27k nachtvluchten	Scenario 25k nachtvluchten
Minimale kosten	€ 660.000	€ 1.220.000	€ 1.780.000

Gezien het cruciale tijdstip van transport ('s nachts) en vanwege het feit dat er een grotere tijdsdruk bestaat voor het vervoer van goederen binnen deze business, zullen vervoerskosten naar verwachting in praktijk hoger uitvallen door bijvoorbeeld toeslagen voor chauffeurs. Deze extra kosten zijn bij gebrek aan data niet te berekenen en hangen bovendien af van de precieze strategie van express maatschappijen;

wij voeren ze op als PM post. Daarom moeten de resultaten van de kostenberekening voor express maatschappijen als een schatting van de ondergrens worden beschouwd.

B.3.5 Totale kosten

De totale kosten voor alle maatschappijen zijn in samengevat in miljoenen euro's.

Tabel 29 Jaarlijkse totale kosten voor luchtvaartmaatschappijen in miljoenen euro's.

Segment	Scenario 29k nachtvluchten	Scenario 27k nachtvluchten	Scenario 25k nachtvluchten
Low-cost & charter carriers	€ 2 – 3,4 + PM	€ 3,9 – 6,8 + PM	€ 5,9 – 10,2 + PM
Netwerkmaatschappijen	€ 4,6 – 6,1 + PM	€ 12,7 – 17,0 + PM	€ 25 – 33,3 + PM
Cargo carriers	€ 0,1 – 0,7 + PM	€ 0,2 – 1,2 + PM	€ 0,3 – 1,8 + PM
Express carriers	€ 0,7 + PM	€ 1,2 + PM	€ 1,8 + PM
Totaal	**€ 7,4 – 10,9 + PM**	**€ 18 – 26,2 + PM**	**€ 33 – 47,1 + PM**

Naast de gekwantificeerde kosten zijn er een aantal mogelijke kosten die niet goed in te schatten zijn, hetzij omdat de kans dat ze optreden niet goed ingeschat kan worden, hetzij omdat ze een analyse vergen die verder gaat dan de opdracht van dit onderzoek. Voorbeelden van dergelijke posten zijn kosten voor een noodzakelijk verblijf op een buitenstation als gevolg van een hogere kans op vertragingen, kosten als gevolg van een verandering in operationele systemen en kosten die samenhangen met mogelijke tegenmaatregelen die landen kunnen nemen als reactie op het verminderen van nachtslots. Daarnaast is het ook mogelijk dat nachtvluchten niet verplaatst kunnen worden naar een ander tijdstip doordat er geen slots zijn op de bestemmingsluchthaven, waardoor de winst van deze vluchten verloren gaat. We hebben deze posten weergegeven als PM.

B.3.6 Kosteneffectiviteit reductie nachtvluchten

De kosteneffectiviteit per scenario is berekend zoals omschreven in paragraaf 5.5 in het vorige rapport [ref. 2]. Door de totale kosten van de maatregel voor luchtvaartmaatschappijen te delen door het aantal mensen dat binnen de 40 dB contour niet meer slaapverstoord is komen we tot de kosteneffectiviteit. Aan de hand van de kosten zoals omschreven in paragraaf 7.3 in de vorige studie en de relevante aanpassingen zoals beschreven in paragraaf B.2 hebben we zowel een lage als een hoge inschatting van de kosteneffectiviteit gepresenteerd, om de bandbreedte goed weer te kunnen geven. Men dient de onderstaande getallen daarom als volgt te interpreteren:

- Om de slaap van één persoon niet meer te verstoren kost het de maatschappijen € 2.900 tot € 4.000 per jaar bij een reductie naar 29.000 nachtvluchten;
- Als er 25.000 nachtslots beschikbaar zijn kost het de luchtvaartmaatschappijen gemiddeld tussen de € 5.900 en € 8.000 per jaar om één persoon niet meer slaapverstoord te laten zijn.

Tabel 30 Kosteneffectiviteit reductie nachtvluchten.

	Scenario 29k nachtvluchten	Scenario 27k nachtvluchten	Scenario 25k nachtvluchten
Aantal verminderd slaap-verstoorden 40 dB(A) L_{night}	2.500	4.000	5.600
Kosteneffectiviteit Laag	€ 2.900	€ 4.500	€ 5.900
Kosteneffectiviteit Hoog	€ 4.000	€ 6.200	€ 8.000

De kosteneffectiviteit wordt hoger in de scenario's waarin meer nachtvluchten worden gereduceerd. Met dit gegeven concluderen wij dat er geen schaaleffecten zijn in de kosten voor het verminderen van slaapverstoring. Daarmee wordt bedoeld dat de kosten niet lager worden per slaapverstoorde in een scenario met een lager aantal nachtvluchten.

Aangezien de kostenposten de extra stallingsgelden voor LCC, het wegvallen van inkomsten van OD-passagiers van netwerk, en eventuele extra toeslagen van wegvervoer voor vracht en express niet gekwantificeerd konden worden is het belangrijk om te vermelden dat de bovengenoemde kosteneffectiviteiten waarschijnlijk een onderschatting zijn. Er zijn daarnaast ook eenmalige kosten voor alle maatschappijen om operaties te veranderen naar een nieuwe situatie in het geval een aantal nachtvluchten zouden moeten worden gereduceerd.

De kosteneffectiviteit valt lager uit dan de kosteneffectiviteit in het vorige rapport. Dit ligt aan het feit dat voor LCC een significant lagere kostenpost is ingeschat vanwege het feit dat LCC-maatschappijen vliegtuigen zullen leasen voor de verplaatste vluchten. Dit is in plaats van de kosten voor aanschaf en afschrijving. In nader onderzoek en gesprekken met de sector is duidelijk geworden dat het aanschaffen van extra vliegtuigen geen gebruikelijke manier is om extra capaciteit op de korte termijn te verkrijgen. Ook zijn wij tot conclusie gekomen dat de kosten voor het aanschaffen van de extra benodigde toestellen een overschatting is geweest, omdat met lijstprijzen van vliegtuigfabrikanten is gerekend. In praktijk bedingen luchtvaartmaatschappijen aanzienlijke kortingen op de aanschaf.

B.4 Conclusies

In deze herberekening bijlage hebben wij de kosteneffectiviteit voor het reduceren van nachtvluchten volgens de reductiescenario's zoals gedefinieerd in de vorige studie [ref. 2]. De kosteneffectiviteit is gedefinieerd als de kosten voor luchtvaartmaatschappijen (extra toestellen voor low-cost carriers en chartermaatschappijen, omzetverlies netwerkmaatschappijen en extra transport- en luchthavenkosten voor cargo- en expressmaatschappijen) per ernstig slaapverstoorde per jaar. De kosteneffectiviteit bleek wederom lastig te bepalen zonder een gedetailleerd inzicht in de vertrouwelijke operationele en bedrijfseconomische strategieën van de getroffen luchtvaartmaatschappijen.

Desondanks geeft deze herberekening van kosteneffectiviteit een meer waarheidsgetrouw beeld van kosten voor de sector in praktijk, in het geval van exploitatiebeperkingen voor een vastgesteld maximumaantal nachtvluchten.

Op basis van de herziene methode schatten wij in dat de kosteneffectiviteit het best is bij een

- Beperkte afname naar 29.000 met een kosteneffectiviteit tussen de € 2.900 en € 4.000 per verminderde ernstig slaapverstoorde per jaar.
- Dit loopt op naar € 4.500 en € 6.200 per persoon per jaar bij een beperking van 27.000.
- Een nachtelijke beperking van 25.000 zorgt een kosteneffectiviteit van € 5.900 en € 8.000 per persoon per jaar.
- Al de kostenschattingen hebben een hoge mate van onzekerheid, en kunnen worden beschouwd als een range van te verwachte kosten.

B.5 Invoer herberekeningen

In aanvulling op de methode is hieronder de (herziene) invoer voor de berekeningen gepresenteerd.

B.5.1 LCC

- Het aantal enkele vluchten dat een extra toestel mogelijk kan vliegen per dag is 4. Dit is gebaseerd op een vluchttijd van 3-3.5 uur per vlucht en een turnaround tijd van maximaal 45 minuten. Wij nemen voor deze vliegtuigen aan dat deze op geen enkel moment in de nacht kunnen worden ingezet.
- De kosten voor een vliegtuig dat geschikt is voor het uitvoeren van typische low-cost en chartervluchten kost gemiddeld € 2.700.000 euro per jaar en weergegeven in scenario Gemiddeld; Dit is gebaseerd op $180.000 dollar voor een Boeing 737-NG of Airbus A320, en $310.000 dollar voor het soort Boeing 737-Max 8/9 of Airbus A320-Neo. `

B.5.2 Netwerkmaatschappijen

- De elasticiteiten 1,26 en 1,68 voor respectievelijk de long-haul markt van Azië en Noord en een ticketprijs van € 840 voor ICA retour vluchten zoals vermeld in [ref. 2] zijn gebruikt de benodigde prijsveranderingen voor de tickets te berekenen.
- Het aandeel transferpassagiers op ICA-vluchten is vertrouwelijke data van de luchtvaartmaatschappijen. Ook het aandeel transferpassagiers op de vroege ochtend feeder vluchten is vertrouwelijke informatie.

B.5.3 Cargomaatschappijen

- Het referentietoestel Boeing 747-400 Freighter gebruikt om tot een indicatie van luchthavengelden op alternatieve luchthavens te komen voor cargovluchten.
- Het MTOW-gewicht van dit vliegtuig is 340.000 kg, de cumulatieve EPNdB waarde is 314, en een brandstofcapaciteit van 216.000 liter kerosine (zie ref. 6).
- In overleg met de sector hebben we aangenomen dat per LTO van een cargovliegtuig 20 vrachtwagens (trekker + oplegger) nodig zijn om de vracht te aan- en af te voeren.

B.5.4 Expressmaatschappijen

- Het referentietoestel Boeing 777-Freighter (series) gebruikt om tot een indicatie van luchthavengelden op de alternatieve luchthaven te komen voor expressvluchten.
- Het MTOW-gewicht van dit vliegtuig is 340.000 kg, de cumulatieve EPNdB waarde is 314, en een brandstofcapaciteit van 181.000 liter kerosine (zie ref. 6).
- Voor expressmaatschappijen is gerekend met dezelfde invoer en aannames voor het vrachtvervoer zoals voor cargo zijn gebruikt, zie bovenstaande paragraaf.

Bijlage C Invoer Berekeningen Kosten Maatregelen

In aanvulling op de methode is hieronder de invoer voor de kostenberekeningen van de maatregelen gepresenteerd.

C.1 Maatregel 2: Weren meest lawaaiige vliegtuigen

De selectie vliegtuigtypen die in aanmerking komen voor vervanging zoals in paragraaf 3.2 is beschreven, zijn ook de basis voor de kostenberekening van deze maatregel.

- Om de verkoopwaarde op de tweedehands markt te bepalen van de te vervangen vliegtuigen is gebruik gemaakt van globalplanesearch.com. Op deze site worden vliegtuigen te koop aangeboden en geeft dus een indicatie van de verkoopwaard. De leeftijd, aantal gemaakte vlieguren en staat van het vliegtuig kan de daadwerkelijke prijs hoger of lager zijn. Voor de typen A306 en B748 was er geen aanbod op moment van de analyse en daarom ook geen prijsindicatie. Voor deze vliegtuigen is respectievelijk de verkoopwaarde van en B733 en B747-400F gebruikt.
- Voor de aanschafwaarde van de nieuwe vervangende vliegtuigen zijn voor de Boeing toestellen lijst prijzen gebruikt[7]. Omdat Airbus geen lijstprijzen meer publiceert is voor deze toestellen gebruik gemaakt van inschattingen[8]. Vanwege het feit dat de daadwerkelijke aankoopprijs significant lager zijn doordat luchtvaartmaatschappijen kortingsafspraken maken met fabrikanten hebben wij de aanname gedaan dat deze korting 45% op de lijstprijzen bedraagt.
- Om tot een jaarlijks bedrag te komen van deze kostenberekening is aangenomen dat de aanschaf wordt afgeschreven over een periode van 20 jaar als een annuïteit met een kapitaalkosten ratio van 7.4%. Kostprijzen in USD zijn omgerekend naar EUR met de jaarlijks gemiddelde wisselkoers van 2021 van de ECB (0.846 USD to EUR).

C.2 Maatregel 4: Woningen saneren

Voor de bepaling van de kosten voor het saneren van woningen is gebruik gemaakt van de bestaande gemiddelde verkoopprijzen voor bestaande koopwoningen per COROP-regio van het CBS[9]. Data voor de gemiddelde verkoopprijs in de kwartalen één tot en met drie van 2021 waren beschikbaar. Daarmee hebben wij de gemiddelde prijs voor Q1-Q3 berekend per COROP-regio. Aan de hand van de geluidsberekeningen is bepaald in welke COROP-regio de te saneren huizen staan.

- De COROP-regio's waar de te saneren huizen in staan zijn Groot-Amsterdam, IJmond, Zaanstreek, Agglomeratie Leiden en Bollenstreek, en Oost-Zuid-Holland.
- Voor de afschrijving van nationale investeringen nemen wij aan dat de maatschappelijke discontovoet 2,25% is. De investering wordt afgeschreven over een periode van 25 jaar zoals gebruikelijk in de afschrijving van kosten voor de maatschappij (nationale kosten).

C.3 Maatregel 5: Woningen isolatie

Voor de bepaling van de kosten voor het isoleren van woningen is gebruik gemaakt van data uit het isolatieprogramma GIS [ref. 7].

- Uit gesprekken met ministerie van Infrastructuur en Waterstaat hebben wij vernomen dat de isolatiesterkte ten minste 16 dB bedroeg. De kosten per woning isoleren bedroegen in 46850 euro in 2006. Dit bedrag is gecorrigeerd met de bouwinflatie naar 2021 prijzen op basis van de prijsindex bouwkosten van het CBS[10].

---

[7] Listprice commercial aircraft, Boeing.com.
[8] Zie o.a. simpleflying.com.
[9] StatLine, CBS. Verkoopprijzen bestaande koopwoningen per COROP-regio.
[10] StatLine, CBS. Inputprijsindex bouwkosten.

- Aan de hand van de geluidsberekeningen is bepaald om hoeveel te isoleren slaapruimten het gaat. Omdat het verschil in kosten voor het isoleren voor zowel alleen een slaapruimte of alleen het hele huis zit in de hoeveelheid isolatiemateriaal gebruikt, en niet de inzet van aannemers, planning en organisatie nemen wij aan dat dit verschil in kosten zeer klein is. Daarom gebruiken wij de kosten voor het isoleren van een huis voor de hypothetische te isoleren slaapruimte zoals deze maatregel omschrijft.
- Omdat wij alleen kosten data voorhanden hebben gehad voor de gemiddelde isolatie van 20.5 dB[11], tonen wij deze kosten bij het isoleren van het aantal objecten bij 5 dB isolatie zoals de geluidsberekening toont. Met deze mate van isolatie zijn het aantal slaapverstoorden verminderd met minimaal de aantallen zoals in de scenario's is weergeven, maar waarschijnlijk gaat het om een hoger totaal aantal in praktijk.

[11] Minimale isolatiewaarde 16 dB, maximaal 25 dB.

adecs

Prinses Beatrixlaan 542
2595 BM Den Haag

+31 (0)85 00 711 00
info@airinfra.eu
www.airinfra.eu