



Autoriteit Nucleaire Veiligheid en
Stralingsbescherming

Handreiking VOBK

Handreiking voor een veilig ontwerp en het veilig
bedrijven van kernreactoren

Concept

26-3-2015

Inleiding bij de Handreiking VOBK

De directe aanleiding voor de Handreiking VOBK (Handreiking voor een Veilig Ontwerp en het veilig Bedrijven van Kernreactoren) is het initiatief voor de oprichting van een nieuwe onderzoeksreactor voor medische toepassingen in Petten (het project PALLAS) en het moderniseren van de bestaande onderzoeksreactor in Delft (de investering in de Hoger Onderwijs Reactor (HOR) van de TU Delft; het project OYSTER). Dergelijke initiatieven kunnen alleen vergund worden indien zij voldoen aan de laatste ontwikkelingen op het gebied van veiligheid. De Handreiking VOBK bevat veiligheidsrandvoorwaarden voor het ontwerp en de bedrijfsvoering van lichtwater gekoelde kernreactoren. Het geeft inzicht in de stand van de techniek en wetenschap van de nucleaire veiligheid van nieuwe kernreactoren anno 2015. De Handreiking VOBK biedt tevens een referentiekader voor bestaande reactoren voor de laatste relevante ontwikkelingen en inzichten inzake de nucleaire veiligheid van kernreactoren.

De Handreiking VOBK bestaat uit een inleiding en een document met de Dutch Safety Requirements (DSR). De DSR is een omvangrijk document in de Engelse taal. Dit is functioneel omdat tijdens de ontwerpfase en bouwphase van kernreactoren vaak buitenlandse deskundigen betrokken zijn. Om de DSR ook voor de Nederlandse lezer toegankelijk te maken is er een uitgebreide inleiding in het Nederlands bijgevoegd. Dat is deze inleiding.

In deze inleiding wordt uitgelegd hoe de Handreiking VOBK in het Nederlandse vergunningenbeleid past. De achtergrond van de Dutch Safety Requirements wordt besproken en voor welke nucleaire installaties de Handreiking VOBK van toepassing is. Daarna wordt uitgelegd hoe de Handreiking VOBK kan worden gebruikt bij de voorbereiding van een vergunningaanvraag op grond van de Kernenergiewet. Als laatste wordt een korte samenvatting gegeven van de inhoud van de DSR, waarbij onder andere het veiligheidsdoel, het gelaagd veiligheidsconcept en de radiologische doelstellingen aan bod komen. Tot slot bevat deze inleiding een verklarende woordenlijst.

Aanleiding

De stand der wetenschap en techniek van de nucleaire veiligheid voor kernreactoren is voortdurend in ontwikkeling. Bij het opstellen van de Kernenergiewet in het begin van de jaren zestig van de vorige eeuw is hiermee maar in beperkte mate rekening gehouden. De Kernenergiewet biedt wel al langere tijd de mogelijkheid om bij het opstellen van de vergunningsvoorwaarden rekening te houden met nieuwe veiligheid technische ontwikkelingen. Een stap om expliciet rekening te houden met de ontwikkelingen in de stand der wetenschap en techniek van de nucleaire veiligheid in de wetgeving vormde de toevoeging van een tweede lid aan artikel 15b van de Kernenergiewet in 2010. Hiermee werd het mogelijk vergunningaanvragen voor de oprichting van een kernreactor van een verouderd type te weigeren, ook als deze verder aan alle eisen voldoet.

Een andere stap in deze richting vormde de wettelijke vastlegging in 2011 van de verplichting voor vergunninghouders om de nucleaire veiligheid van hun installatie regelmatig te toetsen aan de stand der wetenschap en techniek. Daarbij moet de vergunninghouder iedere 10 jaar verslag doen van de evaluatie van de veiligheid van de bij hen in beheer zijnde nucleaire installaties (artikel 2 van de Regeling implementatie richtlijn nr. 2009/71/Euratom inzake nucleaire veiligheid). Indien de onderzoeken en evaluaties daartoe aanleiding geven, dienen de vergunninghouders maatregelen te treffen (die redelijkerwijs gevegd kunnen worden) om de nucleaire veiligheid van de installatie te verbeteren. Indien dat met het oog op de nucleaire veiligheid nodig is, kan het bevoegde gezag ook een tussentijdse evaluatie vragen.

De Dutch Safety Requirements (DSR) geven een beschrijving van de stand van de wetenschap en techniek anno 2015 voor nieuwe lichtwater vermogensreactoren en onderzoeksreactoren. Samen met deze inleiding vormen de DSR de Handreiking VOBK. De Handreiking VOBK verschaft de vergunningaanvragers voor nieuwe kernreactoren

nader inzicht in wat door het bevoegd gezag gezien wordt als de stand der techniek en wetenschap. Voor zover er sprake is van andere dan lichtwater reactoren, kan de Handreiking VOBK naar analogie worden toegepast. Tevens geeft de Handreiking VOBK voor bestaande reactoren inzicht in de laatste relevante ontwikkelingen en inzichten inzake de nucleaire veiligheid in het kader van continuous improvement¹. De hiervoor beschreven evaluaties van de veiligheid van een kernreactor aan deze stand der techniek kan leiden tot maatregelen om de nucleaire veiligheid te verbeteren voor zover die redelijkerwijs gevegd kunnen worden.

Vergunningenbeleid

Nederland heeft een kleine, maar diverse 'nucleaire sector'. Hiertoe behoren onder andere één kerncentrale, twee onderzoeksreactoren, één uraniumverrijkingsinstallatie en één opslag- en verwerkingsfaciliteit voor radioactief afval. Omdat de veiligheidseisen die worden gesteld aan deze installaties verschillend zijn, wordt het specifieke beleid met name per installatie bepaald. Dit beleid wordt gebaseerd op internationale standaarden en richtlijnen.

De toetsingsgronden voor de vergunningverlening worden gegeven in artikel 15 b, eerste lid, van de Kernenergiewet. Daarnaast geldt voor de vergunningverlening aan nieuwe kerninstallaties dat een vergunning kan worden geweigerd, indien de in de aanvraag beschreven techniek voor het vrijmaken van kernenergie, het vervaardigen, bewerken of verwerken van splijtstoffen dan wel het opslaan van splijtstoffen in de installatie naar het oordeel van het bevoegd gezag bij het in werking brengen van de installatie zal zijn verouderd.

De Handreiking VOBK geeft in verband met de laatste bepaling inzicht in de huidige stand der techniek voor het ontwerp en bedrijfsvoering van (nieuwe) reactoren, waarbij het doel is de kernreactoren zo veilig mogelijk te maken. De specifieke randvoorwaarden van de Handreiking VOBK sluiten aan bij de actuele inzichten van met name de Internationaal Atoomenergieagentschap (IAEA) en de Western European Nuclear Regulators Association (WENRA) en kunnen voor zover van toepassing en noodzakelijk als basis dienen voor de vergunningvoorschriften voor nieuwe reactoren.

De algemene eisen aan nucleaire veiligheid en stralingsbescherming zijn zoals boven aangegeven vastgelegd in wet- en regelgeving. Daarnaast gelden er voor elk type installatie specifieke veiligheidseisen. Deze specifieke veiligheidseisen worden per installatie in de Kernenergiewetvergunning opgenomen. Ook kunnen documenten met eisen aan de vergunning worden verbonden (bijvoorbeeld de Nederlandse Veiligheidsregels voor de kerncentrale Borssele).

In de Nederlandse systematiek is het gebruikelijk om zoveel mogelijk met doelvoorschriften te werken, in plaats van met middelvoorschriften. Een doelvoorschrift omschrijft het te behalen veiligheidsdoel, en anders dan een middelvoorschrift, niet of in mindere mate de wijze waarop dit doel behaald moet worden. Door zoveel mogelijk met doelvoorschriften te werken, is er ruimte voor maatwerk om, binnen gestelde grenzen, de veiligheid zo efficiënt mogelijk te borgen en voortdurend te kunnen verbeteren. Bovendien benadrukt deze benadering dat een vergunninghouder primair zelf verantwoordelijkheid is voor de veiligheid.

Achtergrond DSR

De DSR zijn onder andere gebaseerd op de nucleaire veiligheidsvereisten die de Duitse overheid in november 2012 heeft uitgebracht voor bestaande kernreactoren ('Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke', 20 november 2012). Deze eisen zijn aangescherpt met de laatste inzichten voor de veiligheid van nieuwe kernreactoren. Concreet betekent dit dat er actuele aanbevelingen zijn opgenomen van de IAEA en de

¹ Continuous improvement is het continu verbeteren van de nucleaire veiligheid, waarbij de bedrijfsomstandigheden aan de voortschrijdende stand van de techniek en wetenschap worden aangepast.

WENRA voor het ontwerp en de bedrijfsvoering. Ook is de Finse regelgeving als referentie gebruikt voor diverse onderwerpen op het gebied van nieuwbouw. Tot slot zijn ook de in IAEA-verband getrokken lessen uit de ramp in Fukushima in de DSR opgenomen.

De IAEA aanbevelingen komen uit diverse rapporten zoals SF-1 Fundamental safety Principles, Specific Safety Requirement 2/1 en 2/2, NS-R-3 Site Evaluation for Nuclear Installations en NS-R-4 Safety of Research Reactors. De bovengenoemde lessen naar aanleiding van de ramp in Fukushima zijn beschreven in het (draft)document DS 462 van de IAEA. Een voorbeeld is de omgang met natuurrampen. Overeenkomstig de DSR moet de vergunningaanvrager nu ook expliciet rekening houden met mogelijke combinaties van natuurrampen en de effecten van natuurrampen op de verschillende veiligheidsvoorzieningen zowel binnen de inrichting zelf als op de infrastructuur in de omgeving van de inrichting. Ook moeten de mogelijkheden van 'cliff edge effecten'² worden onderzocht evenals de mogelijkheden om grotere veiligheidsmarges in te bouwen in het ontwerp.

De aanbevelingen van de WENRA betreffen onder andere het Statement on Safety Objectives for New Nuclear Power Plants (november 2010) dat is uitgewerkt in het Report on Safety of New NPP Designs (maart 2013). Een belangrijk onderdeel is het concept van de gelaagde veiligheid waarbij het falen van de veiligheidsvoorzieningen op het ene niveau kunnen worden opgevangen door het volgende niveau. Aanvullende en/of robuuste voorzieningen verkleinen daarnaast de kans op het escaleren van een ongeval aanzienlijk. Overeenkomstig de WENRA-aanbevelingen dient ook het falen van meerdere verschillende veiligheidsvoorzieningen te kunnen worden opgevangen in het ontwerp. Verder zijn de radiologische doelstellingen van de WENRA op hoofdlijnen overgenomen in de DSR. Dit houdt bijvoorbeeld in dat ongevallen waarbij geen kernsmelt optreedt geen significante radiologische gevolgen voor de omgeving mogen hebben. Ongevallen met kernsmelt moeten zo veel mogelijk voorkomen worden. Kernsmeltongevallen die niet verhinderd kunnen worden, hebben een terugkeerfrequentie van maximaal eens in de miljoen jaar. Dit betekent dat een kernsmeltongeval minder vaak mag optreden dan een keer in de miljoen jaar. Tegelijkertijd moeten bij het optreden van een dergelijk ongeval vroegtijdige of grootschalige lozingsen praktisch worden uitgesloten.

In juni 2013 heeft een team van het IAEA de DSR gereviewd. De aanbevelingen die naar aanleiding daarvan door het IAEA zijn gedaan, zijn grotendeels in de DSR geïmplementeerd. De IAEA heeft onder andere geconcludeerd dat in de DSR de recente technische veiligheidsconcepten van de onlangs gepubliceerde veiligheidsadviezen van het IAEA beschreven zijn en dat er rekening is gehouden met de getrokken lessen uit de ramp in Fukushima en de aanbevelingen van WENRA. De eindconclusie van de review was dat de inhoud van de DSR voldoet aan een hoge veiligheidsstandaard.

Reikwijdte

De Handreiking VOBK is van toepassing op het ontwerp en de bedrijfsvoering van lichtwater gekoelde kernreactoren en bevat randvoorwaarden voor zowel nieuwe vermogensreactoren als voor nieuwe onderzoeksreactoren. De randvoorwaarden voor grote onderzoeksreactoren zijn vergelijkbaar met die voor vermogensreactoren. Het meenemen van de randvoorwaarden voor vermogensreactoren is dus een logische stap die samengaat met het opstellen van randvoorwaarden voor onderzoeksreactoren. De randvoorwaarden voor onderzoeksreactoren mogen echter gradueel toegepast worden indien kan worden aangetoond dat ze een kleiner potentieel risico voor de omgeving hebben. Een graduele aanpak ('grading') houdt in het naar evenredigheid van toepassing zijn van bepaalde randvoorwaarden afhankelijk van het potentieel risico voor de omgeving. Voor grote onderzoeksreactoren (enkele tientallen megawatts thermisch) kan uit de graduele aanpak naar voren komen dat de randvoorwaarden gesteld aan de vermogensreactoren overeenkomstig van toepassing zijn. Het is daarnaast ook mogelijk

² Een cliff edge effect is een kleine verandering in een parameter die leidt tot een disproportionele en ernstige vergroting van de consequenties van deze verandering.

dat voor een bepaalde onderzoeksreactor een aantal randvoorwaarden niet van toepassing zijn omdat de onderzoeksreactor bijvoorbeeld geen drukkoudend koelsysteem heeft.

Gebruik Handreiking VOBK

Sinds de jaren 70 van de vorige eeuw is er in Nederland geen ervaring opgedaan met het bouwen van een nieuwe kernreactor. Al hoewel er wel veel operationele ervaring aanwezig is in Nederland zullen ook deskundigen uit het buitenland betrokken zijn bij het ontwerpen en het bouwen van een nieuwe kernreactor of bij het modificeren van een bestaande kernreactor. Om deze reden is de Handreiking VOBK, buiten deze inleiding, in het Engels opgesteld, zodat ook buitenlandse deskundigen weten met welke randvoorwaarden zij rekening kunnen houden.

Bij de voorbereiding van een vergunningaanvraag voor de bouw van een nieuwe onderzoeksreactor, zoals de verwachte PALLAS onderzoeksreactor, geeft de Handreiking VOBK inzicht in de actuele stand der wetenschap en techniek zoals die door het bevoegd gezag wordt gezien. Tijdens het vooroverleg met een mogelijke vergunningaanvrager kan onder andere nader gesproken worden over welke analyses moeten worden uitgevoerd, welke documenten worden verwacht en wat de diepgang van deze documenten zal zijn.

Zoals eerder genoemd heeft een vergunninghouder de primaire verantwoordelijkheid voor de nucleaire veiligheid. Een vergunninghouder heeft daarbij ook volgens de Regeling implementatie richtlijn nr. 2009/71/Euratom inzake nucleaire veiligheid de wettelijke (en maatschappelijke) plicht om de nucleaire veiligheid continu te verbeteren. Dit betekent dat de Handreiking VOBK na publicatie uiterlijk bij de eerstvolgende voorgeschreven periodieke evaluatie, zoals bedoeld in art. 2, lid 4, van bovengenoemde Regeling, door de vergunninghouder als referentiekader voor de stand der wetenschap en techniek van de nucleaire veiligheid anno 2015 dient te worden gebruikt.

Gelijkwaardigheid

De Handreiking VOBK beschrijft bepaalde maatregelen op basis van de huidige stand van de wetenschap en techniek. Een vergunningaanvrager kan in zijn aanvraag aantonen dat hetzelfde veiligheidsniveau ook op een andere wijze bereikt kan worden.

Inhoud DSR

In kernreactoren vinden onder gecontroleerde omstandigheden continue kernreacties (kettingreacties) plaats. Als splijtstof wordt veelal uranium gebruikt. Bij de splijting van uraniumatomen ontstaan splijtingsproducten en ioniserende straling en komt warmte vrij. Vermogensreactoren, ook wel kerncentrales genoemd, gebruiken de vrijkomende warmte door deze om te zetten in elektriciteit. Dit gebeurt op een wijze zoals in een conventionele elektriciteitscentrale. Onderzoeksreactoren gebruiken daarentegen de vrijkomende straling of de splijtingsproducten voor onderzoek en voor de productie van bijvoorbeeld medische isotopen.

Vanwege de onderlinge verschillen tussen vermogensreactoren en onderzoeksreactoren kent de Handreiking VOBK de volgende indeling:

- Hoofddocument: dit document bevat alle technische randvoorwaarden voor een nieuwe kernreactor, het bevat randvoorwaarden aan het gelaagd veiligheidsconcept, de barrières, radiologische doelstellingen, etc.
- Annex 1 geeft de acceptatiedoelstellingen en -criteria weer en bevat een generieke lijst met gepostuleerde gebeurtenissen waar een kernreactor tegen bestand moet zijn.
- Annex 2 bevat specifieke randvoorwaarden over interne en externe gevaren.
- Annex 3 bevat specifieke randvoorwaarden over het criterium van enkelvoudig falen en randvoorwaarden over onderhoud.
- Annex 4 beschrijft hoe de vergunningaanvrager de veiligheid kan demonstreren.
- Annex 5 bevat de lijst met definities die gebruikt worden.

- Annex 6 beschrijft de graduele aanpak voor onderzoeksreactoren en bevat nadere specifieke randvoorwaarden voor onderzoeksreactoren.

Veiligheidsdoel en veiligheidsfuncties

Kernreactoren moeten veilig worden bedreven. Dit wil zeggen dat het beschermen van mens en milieu tegen de schadelijke invloed van ioniserende straling gedurende de gehele levensduur van een kernreactor voldoende gewaarborgd is. De levensduur omvat het ontwerp, de bouw, de inbedrijfstelling, de bedrijfsvoering en tenslotte de buitengebruikstelling en ontmanteling. Om aan het doel te kunnen voldoen dient overeenkomstig de Handreiking VOBK een kernreactor in essentie te allen tijde en onder alle omstandigheden aan de drie volgende veiligheidsfuncties te voldoen:

- a. het beheersen van de reactiviteit,
- b. het koelen van de splijtstoffen,
- c. het insluiten van de radioactieve stoffen of splijtstoffen.

Deze drie veiligheidsfuncties gelden voor alle fasen van de levensduur van een kernreactor. Het gelaagde veiligheidsconcept beschrijft in hoofdlijnen hoe hier invulling aan gegeven wordt.

Om de veiligheidsfuncties te garanderen dient een kernreactor maatregelen te nemen:

- ter beheersing van de blootstelling van mensen aan ioniserende straling en het vrijkomen van radioactieve stoffen of (bestraalde) splijtstoffen in het milieu.
- ter beperking van de waarschijnlijkheid van gebeurtenissen die kunnen leiden tot het verlies van controle op de kern in de kernreactor, op de nucleaire kettingreactie, op radioactieve bronnen of andere bronnen van ioniserende straling.
- ter mitigatie van de gevolgen van dergelijke gebeurtenissen indien deze zich voordoen.

Het gelaagde veiligheidsconcept

De nucleaire veiligheid van kernreactoren is gebaseerd op het concept van gelaagde veiligheid (in het Engels 'Defence-in-Depth'). Dit veiligheidsconcept is bedoeld om ongevallen te voorkomen dan wel de gevolgen daarvan te beperken. Dit concept is een samenspel van bouwkundige, technische en organisatorische voorzieningen. Er worden meerdere strategieën toegepast om de veiligheid van de reactor onder abnormale omstandigheden en ongevalcondities te waarborgen. Dit wordt bereikt door een aantal niveaus van beschermende maatregelen, elk met een eigen strategie. Elke strategie heeft als doel alle mogelijke vormen van zowel menselijk falen als het falen van apparatuur te voorkomen (preventie) of de gevolgen van dat falen zoveel mogelijk te beperken (beheersing, mitigatie).

De volgende veiligheidsniveaus met bijbehorende bedrijfstoestanden zijn te onderscheiden:

- Niveau 1: normaal bedrijf
- Niveau 2: voorzienbare bedrijfsvoorvallen/afwijkend bedrijf
- Niveau 3a: gepostuleerde gebeurtenissen met enkelvoudig falen
- 3b: gepostuleerde gebeurtenissen met meervoudig falen
- Niveau 4 : gepostuleerde kernsmeltongevallen

Veiligheidsniveau 3 bestaat uit twee niveaus, onderverdeeld in a en b, omdat beide niveaus aan dezelfde radiologische doelstellingen moeten voldoen. Bij normaal bedrijf bevindt de installatie zich op veiligheidsniveau 1. Op dit niveau staat het voorkomen van storingen in de dagelijkse bedrijfsvoering centraal. Bij de volgende niveaus worden voorziene bedrijfsvoorvallen of ook wel afwijkend bedrijf (niveau 2), ongevallen zonder kernsmelt (niveau 3) en ongevallen met kernsmelt (niveau 4) beheerst. Mocht er desondanks sprake zijn van significante lozings van radioactieve stoffen naar het milieu, dan worden er maatregelen genomen gericht op het beperken van de gevolgen voor mensen, dieren, planten en goederen.

In het concept voor gelaagde veiligheid zijn tevens ongevallen met meervoudig falen en kernsmeltongevallen in het ontwerp meegenomen. Dit betekent dat het ontwerp van een kernreactor bestand moet zijn tegen gepostuleerde ongevallen met meervoudig falen en tegen bepaalde gepostuleerde kernsmeltongevallen zodat de radiologische gevolgen voor de omgeving beperkt zijn. Voorheen werden gebeurtenissen met meervoudig falen en kernsmeltongevallen beschouwd als zijnde 'buitenontwerp' en werden in het ontwerp dan ook met name gebeurtenissen met enkelvoudig falen beschouwd. Met het nieuwe concept worden dus meer gebeurtenissen binnen het ontwerp gebracht, waardoor de kernreactor een robuuster ontwerp krijgt.

Het gelaagd veiligheidsconcept is samengevat in tabel 1:

Tabel 1: Het gelaagd veiligheidsconcept.

Niveaus van gelaagde veiligheid	Bijbehorende bedrijfstoestanden	Doelstelling	Essentiële middelen	Radiologische gevolgen
Niveau 1	Normaal bedrijf	afwenden van afwijkend bedrijf en falen	Conservatief ontwerp en bouw en bedrijfsvoering van hoge kwaliteit, regeling van voornaamste parameters van de installatie binnen gedefinieerde grenzen	Binnen de voorgeschreven bedrijfslimieten voor lozing
Niveau 2	Voorzienbare bedrijfsvoorvallen	Beheersing van afwijkend bedrijf en falen	Beheersings- en limiterende systemen en voorzieningen voor monitoring	
Niveau 3	Niveau 3.a Gepostuleerde begingeburtenissen met enkelvoudig falen	Beheersing van ongevaltoestand ter beperking van het vrijkomen van radioactiviteit en het	veiligheidssystemen, ongevalprocedures	Geen radiologische gevolgen buiten de terreingrenzen of slechts kleine radiologische gevolgen
	Niveau 3.b Gepostuleerde gebeurtenissen met meervoudig falen	verhindere van escalatie naar omstandigheden die tot kernsmelt kunnen leiden	Additionele structuren, systemen en componenten en ongevalprocedures	
Niveau 4	Gepostuleerde kernsmeltongevallen	Beheersing van ongevallen met kernsmelt om het vrijkomen van radioactiviteit buiten de terreingrenzen te beperken	Complementaire structuren, systemen en componenten en ongevalprocedures	Beperkte beschermende maatregelen nodig (gebied en tijd)
	Vrijkomen van significante hoeveelheden radioactieve stoffen	Beperking van radiologische gevolgen	Noodmaatregelen buiten de terreingrenzen Interventieniveaus	Radiologische gevolgen buiten de terreingrenzen waardoor beschermende maatregelen nodig zijn

Barrière-concept

Het barrière-concept maakt onderdeel uit van het concept van gelaagde veiligheid. Het doel van het barrière-concept is het insluiten van radioactieve stoffen en (bestraalde) splijtstoffen in de installatie. Dit concept is gebaseerd op de aanwezigheid van meerdere achtereenvolgende fysieke barrières en retentiefuncties. Bij functieverlies van één barrière zorgt de volgende barrière alsnog voor de insluiting.

Het aantal barrières en de vorm er van worden bepaald door onder andere het type kernreactor, de configuratie en haar vermogen. Onder barrières wordt o.a. verstaan de bekleding van de splijtstofstaaf, de drukhuid (metalen wand van het reactorkoelcircuit) en het containment. Retentiefuncties zijn maatregelen of voorzieningen die getroffen worden om radioactieve stoffen vast te houden. Dit kan bijv. door het filteren van lucht, bedekken van radioactief materiaal met water, gerichte (lucht)stroom door het behouden van een onderdruk, gebouwfadichtingen, containers, etc.

Voor de veiligheid is het van belang dat de barrières onafhankelijk van elkaar functioneren. Dit betekent dat in geval van een gevaar of een ongeval een barrière niet mag falen alleen vanwege het feit dat een andere barrière faalt. Mochten er alsnog een of meer barrières falen waardoor radioactieve stoffen vrijkomen, dan zorgen de retentiefuncties voor het ophouden of tijdelijk vasthouden van die stoffen.

Interne en externe gevaren

Een gevaar is een gebeurtenis die binnen of buiten de inrichting kan voorkomen en mogelijk of daadwerkelijk negatieve gevolgen heeft voor de veiligheid van de reactor. Interne gevaren komen van binnen de inrichting terwijl externe gevaren van buiten de inrichting komen. Een voorbeeld van een intern gevaar is een brand binnen de inrichting. De externe gevaren zijn van natuurlijke oorsprong of door mensen veroorzaakt, zoals bijvoorbeeld bliksem, aardbevingen of risico's als gevolg van een nabijgelegen industrieterrein. Het door mensen doelbewust in gevaar brengen van een kerninstallatie en haar processen valt buiten de scope van de DSR. Dit wil niet zeggen dat er in het ontwerp geen rekening hoeft te worden gehouden met beveiligingsaspecten. Deze aspecten worden wel degelijk meegenomen maar zijn geregeld in de Regeling beveiliging nucleaire inrichtingen en splijtstoffen.

Als onderdeel van de geleerde lessen uit Fukushima moeten nu overeenkomstig de Handreiking VOBK bij het bepalen van het ontwerp van de kerninstallatie combinaties van gevaren worden meegenomen. Er zijn diverse combinaties van gevaren mogelijk. In tegenstelling tot bijna alle interne gevaren, kunnen externe gevaren invloed hebben op de gehele inrichting, inclusief de veiligheidssystemen. Maatregelen binnen de inrichting moeten garanderen dat de interne en externe gevaren geen ontoelaatbare negatieve gevolgen hebben voor alle apparatuur die van belang is voor de drie eerder genoemde veiligheidsfuncties van kernreactoren.

Radiologische doelstellingen

Artikel 18 van het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Bkse) bevat een aantal verplichte en mogelijke gronden voor het weigeren van een aanvraag om een vergunning krachtens artikel 15, onder b, van de Kernenergiewet. De weigeringsgrond in artikel 18, tweede lid, onder a, van het Bkse heeft betrekking op de limietwaarden voor gepostuleerde inleidende gebeurtenissen. Het gaat hier om ongevallen waarop het ontwerp van de installatie is berekend. In aansluiting op het risicobeleid is voor deze gepostuleerde en radiologische relevante inleidende gebeurtenissen per kansgebied een dosislimiet geformuleerd. Hierbij gaat het om lozingen tijdens normaal bedrijf, voorzienbare bedrijfsvoorvallen en ontwerpbasisongevallen.

Het Bkse geeft als weigeringsgrond de maximale acceptabele limietwaarden aan. Nieuwe kernreactoren kunnen aan lagere waardes voldoen dan bestaande reactoren. Omdat in de Handreiking VOBK de laatste stand der techniek en wetenschap wordt beschreven zijn voor nieuwe kernreactoren in de Handreiking VOBK dus lagere waardes opgenomen.

De Handreiking VOBK stelt hogere randvoorwaarden aan radiologische doelstellingen in verband met de mogelijkheden voortvloeiend uit de voortschrijding van de technologie en de aanbevelingen van de WENRA³. Daarnaast is zoals eerder genoemd de ontwerpbasis voor nieuwe reactoren in de Handreiking VOBK uitgebreider dan in het verleden; in de ontwerpbasis zijn nu ook gepostuleerde gebeurtenissen met meervoudig falen en gepostuleerde kernsmeltongevallen opgenomen die eerder onderdeel uitmaakten van de buitenontwerpgevallen. Zie ook in figuur 1 met een vereenvoudigde weergave van de ontwerpbasis volgens het Bkse en de Handreiking VOBK.

Figuur 1: Vereenvoudigde weergave van de ontwerpbasis volgens het Bkse en de Handreiking VOBK.



Om deze redenen zijn ook de gebeurtenisfrequenties, het individueel risico en het groepsrisico in de Handreiking VOBK aangepast aan de ontwerpbasis van nieuwe reactoren.

Veiligheidsniveau 1 en 2 dosislimieten:

In het Besluit stralingsbescherming is het uitgangspunt dat de blootstelling aan straling ten gevolge van handelingen zo laag als redelijkerwijs mogelijk gehouden moet worden⁴. De definitie van handelingen in het Besluit stralingsbescherming omvat normaal bedrijf en voorziene bedrijfsvoorvallen (gelaagde veiligheidsniveaus 1 en 2). De Handreiking VOBK sluit hierbij aan zodat de dosislimieten voor de bevolking en personeel voor normaal bedrijf en voorziene bedrijfsvoorvallen hetzelfde zijn⁵ (zie tabel 1).

³ "Report: Safety of new NPP designs" Study by WENRA Reactor Harmonization Working Group RHWG, March 2013

⁴ Besluit stralingsbescherming art. 5, lid 1.

⁵ Zie voor de limieten Besluit stralingsbescherming o.a. art. 35, 48, 49, 76, 77, 78, 79 en 80.

Veiligheidsniveau 3 dosislimieten:

Volgens de Handreiking VOBK dient overeenkomstig de WENRA-aanbevelingen te worden gegarandeerd dat ongevallen zonder kernsmelt geen of slechts geringe radiologische gevolgen voor de omgeving hebben. Dit houdt in dat er geen behoefte moet zijn aan beschermingsmaatregelen zoals het uitdelen van jodiumprofylaxe, schuilen of evacuatie. De laagste interventiewaarde⁶ is voor de beschermingsmaatregel schuilen; volgens de nieuwe afspraken rondom de interventiewaarden is de uitgangswaarde voor schuilen 10 mSv, de bijbehorende range is 5 – 15 mSv. De interventiewaarden voor de beschermingsmaatregelen zijn zodanig opgesteld dat deze aansluiten bij de interventiewaarden van België (bijv. schuilen 5 – 15 mSv) en Duitsland (bijv. schuilen 10 mSv). Om te kunnen voldoen aan bovenstaand voorschrift moet dus uit de risicoanalyses komen dat de radiologische gevolgen van een ongeval zonder kernsmelt onder de gestelde interventiewaarden blijven.

Daarnaast worden in de Handreiking VOBK de dosislimieten gekoppeld aan de frequentie waarmee ongevallen zonder kernsmelt kunnen plaatsvinden, zie hiervoor tabel 2.

Tabel 2: Gebeurtenisfrequenties en dosislimieten voor ongevallen zonder kernsmelt.

Gebeurtenisfrequentie (F) per jaar⁷	Maximaal toegestane effectieve dosis (genomen over 70 jaar)
$F \geq 10^{-2}$	0,1 mSv
$10^{-2} > F \geq 10^{-3}$	1 mSv
$F < 10^{-3}$	10 mSv

Hoe vaker een ongeval zonder kernsmelt kan plaatsvinden, hoe lager de dosis mag zijn. Bovenstaande tabel geldt ook voor voorziene bedrijfsvoorvallen.

Veiligheidsniveau 4 dosislimieten:

De randvoorwaarden voor veiligheidsniveau 4 in de Handreiking VOBK zijn conform het eerdergenoemde WENRA document "Safety of new NPP designs". Deze randvoorwaarden zijn nieuw ten opzichte van hetgeen tot dusver in de Kew geregeld was. In de Handreiking VOBK wordt geëist dat kernsmeltongevallen die tot vroegtijdige en/of grootschalige lozingen kunnen leiden praktisch uitgesloten zijn. Het doel hierachter is dat indien een kernsmeltongeval optreedt, er alleen beschermingsmaatregelen hoeven te worden getroffen die beperkt zijn in tijd en in omvang en dat er voldoende tijd aanwezig is om deze te implementeren. Alle redelijkerwijs mogelijke oplossingen die de potentiële blootstellingen van werknemers, burgers en milieu kunnen verminderen moeten geïmplementeerd worden.

Bij een kernsmeltongeval is het containment de belangrijkste barrière voor het beschermen van de omgeving tegen radioactief materiaal. Om deze reden is het essentieel om de integriteit van het containment te bewaren. Daarnaast moeten extra voorzieningen aangebracht worden in het ontwerp om de gevolgen van een kernsmeltongeval te beperken. Als gevolg moeten dus het containment en de kernsmeltbeheerssystemen zodanig ontworpen worden om de lozingen tijdens een kernsmeltverloop zo klein als redelijkerwijs mogelijk te houden. Hierbij moet aan de randvoorwaarden samengevat in tabel 3 voldaan worden:

⁶ De interventiewaarden in mSv zijn voor schuilen ($E \geq 10$ mSv), evacuatie ($E \geq 100$ mSv) en het uitdelen van jodiumprofylaxe (Hschil, <18 jr ≥ 50 mSv, Hschil, ≥ 18 jr ≥ 100 mSv).

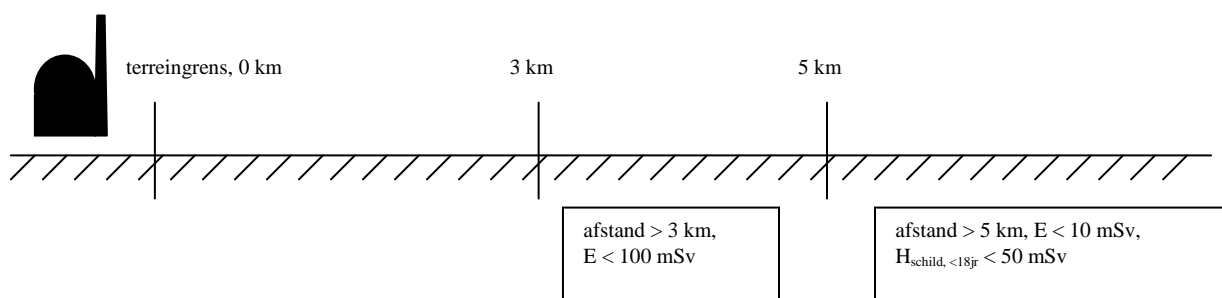
⁷ 10^{-2} betekent eens in de 100 jaar, 10^{-3} betekent eens in de 1000 jaar. $F \geq 10^{-2}$ betekent dat de gebeurtenisfrequentie groter is dan of gelijk is aan eens in de 100 jaar.

Tabel 3: Randvoorwaarden voor een kernsmeltongeval.

Beschermingsmaatregel	Evacuatie zone (< 3 km)	Schuilzone (< 5 km)	Buiten de Schuilzone
Permanente evacuatie	Nee	Nee	Nee
Evacuatie	Kan nodig zijn	Nee	Nee
Schuilen	Kan nodig zijn	Kan nodig zijn	Nee
Jodiumprofylaxe ⁸	Kan nodig zijn	Kan nodig zijn	Nee

De zones dienen als ontwerprandvoorwaarde gecombineerd te worden met de Nederlandse interventiewaarden. Hiervoor worden de volgende interventiewaarden gehanteerd: voor schuilen is de interventiewaarde voor de effectieve dosis $E \geq 10$ mSv, voor evacuatie is de interventiewaarde voor de effectieve dosis $E \geq 100$ mSv en voor het uitdelen van jodiumprofylaxe⁸ is de interventiewaarde voor de schildklierdosis voor kinderen $H_{\text{schild}, <18 \text{ jr}} \geq 50$ mSv en is de interventiewaarde voor de schildklierdosis voor volwassenen $H_{\text{schild}, \geq 18 \text{ jr}} \geq 100$ mSv.

Figuur 2: Zones en interventiewaarden bij gepostuleerde kernsmeltongevallen.



De randvoorwaarden gelden voor het ontwerp. Dit betekent dat voor de gepostuleerde ongevallen met kernsmelt moet worden aangetoond dat zij aan deze randvoorwaarden voldoen. Bij de analyses worden natuurlijk de lokale weersomstandigheden meegenomen.

Volgens de Handreiking VOBK moet er voldoende tijd beschikbaar zijn om de directe beschermingsmaatregelen (het uitdelen van jodiumprofylaxe, schuilen of evacuatie) te implementeren. De tijd die nodig is om de beschermingsmaatregelen te implementeren is verschillend voor elke maatregel en voor elk ongevalsscenario. Het is ook afhankelijk van de locatie van de kernreactor. Voor elke beschermingsmaatregel moet dus worden bepaald wat de benodigde tijd is om deze te implementeren. Dit moet dan worden meegenomen in het ontwerp van de kernreactor.

⁸ Jodiumprofylaxe bestaat uit het toedienen van een jodiumtablet om schildklierkanker te voorkomen, wanneer er radioactief jodium vrijkomt uit een kernreactor. Inname van radioactief jodium verhoogt de kans op het krijgen van schildklierkanker bij kinderen en jongeren. De toename van de kans is het grootst bij kinderen, die ten tijde van het binnenkrijgen van radioactief jodium jonger dan circa 10 jaar zijn. Bij volwassenen is de toename van de kans op schildklierkanker zeer gering en bij mensen boven 40 jaar is er geen verhoogd risico op schildklierkanker aangetoond. (RIVM rapport 348804004/2004, Jodiumprofylaxe bij kernongevallen, auteurs: MEC Leenders, YS Kok, HAJM Reinen, C Zuur.)

Verder leidt de in de Handreiking VOBK beschreven stand van de wetenschap en techniek tot meer stringente randvoorwaarden aan het individueel risico en groepsrisico. Voor het individueel risico geldt dat de risicoanalyse moet laten zien dat de kans dat een persoon, die zich permanent en onbeschermd buiten de desbetreffende inrichting zou bevinden, overlijdt als gevolg van een ongeval (dus niet alleen een buitenontwerp ongeval zoals bedoeld in artikel 18, lid 3 van het Bkse) kleiner is dan 10^{-6} per jaar. Voor het groepsrisico geldt dat deze risicoanalyse moet laten zien dat de kans dat buiten de desbetreffende inrichting een groep van ten minste 10 personen direct dodelijk slachtoffer is van een ongeval, (of voor n maal meer direct dodelijke slachtoffers een kans die n^2 maal kleiner is) kleiner is dan 10^{-5} per jaar.

Praktisch uitsluiten van ongevallen

Voor het in de Handreiking VOBK gehanteerde concept van 'Gelaagde Veiligheid' is het praktisch uitsluiten van kernsmeltongevallen met vroegtijdige en/of grootschalige lozingen van belang. Deze ongevallen hebben in het concept een specifieke positie. Aan het 'praktisch uitsluiten' wordt voldaan indien:

- door het ontwerp het fysisch onmogelijk is dat deze ongevallen zich kunnen voordoen, of
- dergelijke ongevallen met hoge betrouwbaarheid een zodanige kleine kans van optreden kennen, dat deze beschouwd kunnen worden als uiterst onwaarschijnlijk.

Om onzekerheden te minimaliseren en de installatie voldoende robuust te maken, wordt het 'praktisch uitsluiten' bij voorkeur gebaseerd op het fysisch onmogelijk maken van het ongeval. Door technische of bouwkundige voorzieningen, en waar mogelijk versterkt met operationele voorzieningen, krijgt dit vorm. Deze voorzieningen zijn vastgelegd in het ontwerp en worden onverkort toegepast in de bouw van de nucleaire installatie. Dit heeft als gevolg dat deze voorzieningen gedurende de gehele levensduur van de installatie als zodanig moeten blijven functioneren.

Teneinde het vroegtijdig en/of grootschalig vrijkomen van radioactieve stoffen te voorkomen, moeten in ieder geval de volgende omstandigheden praktisch worden uitgesloten:

- kernsmelt bij hoge druk en directe opwarming van het containment;
- ongevallen als gevolg van snelle reactiviteitveranderingen;
- stoomexplosies (fenomenen binnen en buiten het reactorvat);
- waterstofontploffing;
- kernsmelt waarbij een bypass van de containment leidt tot vroegtijdige en grootschalige lozingen;
- kernsmelt in het splijtstofopslagbassin.

In de veiligheidsdemonstratie (annex 4 van de DSR) dient het 'praktisch uitsluiten' van dergelijke ongevalsverlopen te worden aangetoond.

Graduele aanpak

De graduele aanpak is in het algemeen een methodiek om onjuist of onredelijk gebruik van middelen te voorkomen. In de Handreiking VOBK speelt de graduele aanpak een bijzondere rol bij de juiste toepassing van de randvoorwaarden aan vermogensreactoren ten behoeve van onderzoeksreactoren.

Onderzoeksreactoren verschillen namelijk onderling aanzienlijk qua ontwerp (vermogen) en gebruik, waardoor elke reactor uniek is. In vergelijking met vermogensreactoren zijn de risico's voor het publiek over het algemeen kleiner. Met de graduele aanpak kan dit bij het ontwerp van een specifieke onderzoeksreactor in acht worden genomen. Met de graduele aanpak is het mogelijk om af te wijken van de randvoorwaarden voor vermogensreactoren door deze randvoorwaarden specifiek toe te spitsen op het ontwerp en het gebruik van de betreffende onderzoeksreactor, zonder dat afbreuk gedaan wordt aan de fundamentele veiligheidsdoelen.

Voor het voldoen aan de randvoorwaarden van de Handreiking VOBK betekent dit dat een aanvrager van een onderzoeksreactor gemotiveerd aan kan tonen op welke wijze

aan de specifieke randvoorwaarden voor vermogensreactoren invulling wordt gegeven waarbij tevens voldaan kan worden aan de uitgangspunten en algemene randvoorwaarden uit annex 6 van de Handreiking VOBK.

Door het bevoegd gezag wordt een gestructureerde methodiek voorgesteld die uit drie stappen bestaat:

- Stap 1: Categorijsatie van de onderzoeksreactor op basis van de specifieke potentiële gevaren;
- Stap 2: Analyse van specifieke factoren die niet afdoende worden gedekt door stap 1;
- Stap 3: Besluit en rechtvaardiging van een juiste toepassing of het niet van toepassing verklaren van de randvoorwaarden voor kernreactoren voor een specifieke onderzoeksreactor.

Verklarende woordenlijst

De Handreiking VOBK is toegankelijk gemaakt voor het brede publiek door het toevoegen van een uitgebreide Nederlandse inleiding. Onderstaande woordenlijst is om dezelfde reden toegevoegd, het verklaart enkele moeilijke termen die in de inleiding zijn gebruikt. In de Dutch Safety Requirements (DSR) is een eigen woordenlijst opgenomen die bedoeld is voor gebruikers van de Handreiking VOBK.

- afwijkend bedrijf: een operationeel proces dat afwijkt van normaal bedrijf en naar verwachting tijdens de levensduur van een kernreactor ten minste een keer voorkomt maar dat als gevolg van het ontwerp van de kernreactor geen onaanvaardbare schade aan apparatuur veroorzaakt of leidt tot een ongeval met of zonder kernsmelt;
- containment: een barrière van de kernreactor, die om de reactorkern heen is gebouwd. Deze barrière is ontworpen om bij een ongeval het vrijkomen van radioactief materiaal naar de omgeving te verhinderen en/of te beheersen;
- criterium van enkelvoudig falen: een eis toegepast op een systeem zodat het systeem in staat is de functie te vervullen in geval van enkelvoudig falen;
- enkelvoudig falen: een gepostuleerd falen dat resulteert in het verlies van de mogelijkheid van een systeem of component om de beoogde veiligheidsfunctie te vervullen;
- extern gevaar: een natuurlijke gebeurtenis of een door de mens buiten de kernreactor veroorzaakt gevaar;
- falen: onvermogen van apparatuur om te functioneren volgens de ontwerpspecificaties van het apparaat;
- gebeurtenis: een situatie die mogelijk of daadwerkelijk negatieve gevolgen heeft voor de veiligheid van de kernreactor omdat die kan leiden tot afwijkend bedrijf, falen of een ongeval met of zonder kernsmelt;
- intern gevaar: een gevaar dat zich voordoet binnen de kernreactor;
- kernsmeltongeval: een ongeval waarbij als gevolg van de vervalwarmte de splijtstof van de kernreactor door onvoldoende koeling smelt;
- meervoudig falen: een gebeurtenis waarbij wordt gepostuleerd dat gelijktijdig meerdere veiligheidssystemen falen;
- normaal bedrijf: de bedrijfsomstandigheden en processen bij een functionerende toestand van de systemen zonder storingen van de kernreactor;
- ontwerpbasis: het geheel aan omstandigheden en gebeurtenissen die in het ontwerp van een kernreactor zijn meegenomen waartegen de kernreactor bestand is;
- postuleren: van tevoren een aanname als grondslag van een redenering of stelling nemen; veronderstellenderwijs van iets uitgaan, iets vooronderstellen;
- retentie: het vertraagd afgeven of vasthouden van radioactieve stoffen of splijtstoffen. Retentiefuncties zijn maatregelen of voorzieningen die getroffen worden om radioactieve stoffen vast te houden;

- veiligheidsdemonstratie: gedocumenteerd bewijs van de veiligheid van de kernreactor gedurende de bedrijfslevensduur van de kernreactor;
- veiligheidssysteem: een systeem dat van belang is voor de veiligheid en bedoeld is om:
 - a. de kerninstallatie veilig af te schakelen,
 - b. de verwijdering van restwarmte uit de reactorkern te verzekeren, of
 - c. de gevolgen te beperken van afwijkend bedrijf en ongevallen;
- voorzienbare bedrijfsvoorvallen: zie afwijkend bedrijf.