



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport



Technische *basisinformatie* stralings- ongevallen- bestrijding



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Technische basisinformatie stralingsongevallenbestrijding

RIVM Rapport 2015-0046

Dit rapport bevat een erratum
d.d.23 augustus 2016
op de laatste pagina

Colofon

© RIVM 2015

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

M. van der Schaaf (auteur), RIVM
S. Bader (auteur), RIVM

Contact:
Martijn van der Schaaf
Centrum Veiligheid
martijn.van.der.Schaaf@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming, in het kader van het project Beheer Ongevalsorganisatie Straling.

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Technische basisinformatie stralingsongevallenbestrijding

Bij een stralingsongeval kan radioactiviteit in het leefmilieu terechtkomen en kunnen mensen aan ioniserende straling worden blootgesteld. Om de Nederlandse bevolking zo veel mogelijk tegen de gevolgen hiervan te beschermen is beleid op dit gebied ontwikkeld. De uitgangspunten hiervoor zijn uiteengezet in het Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten, dat sinds 2014 het Nationaal Plan Kernongevallenbestrijding vervangt. Naar aanleiding hiervan heeft het RIVM de belangrijkste technische informatie over dit onderwerp geactualiseerd en gebundeld.

In dit document zijn onder meer de belangrijkste 'objecten' in kaart gebracht waar zich een stralingsongeval kan voordoen, zoals kernenergiecentrales. Verder zijn scenario's beschreven van typen ongevallen waarvoor in Nederland beschermingsmaatregelen zijn voorbereid. Daarnaast is beschreven op welke manier de effecten van een stralingsongeval in kaart kunnen worden gebracht, en wat de belangrijkste beschermingsmaatregelen zijn. Het document bevat ook de nieuwe interventieniveaus en zonerings voor diverse beschermingsmaatregelen. Deze zijn recentelijk geharmoniseerd met het buitenland.

Het RIVM beheert een groot deel van de kennis- en modelleringsinfrastructuur en heeft veel kennis en expertise in huis. Tijdens een stralingsongeval heeft het – samen met andere overheidsorganisaties – de taak om degenen die een beslissing moeten nemen over mogelijke maatregelen, van informatie te voorzien en te adviseren. Door de belangrijkste technische gegevens te actualiseren en te bundelen in dit document, zijn het RIVM en zijn crisispartners beter voorbereid op deze taak.

Kernwoorden: stralingsongevallen, stralingsongevallenbestrijding, voorbereiding en respons op ongevalsituaties, basisinformatie, interventieniveaus, maatregelzones, preparatiezones

Synopsis

Background information radiation accidents preparedness

An incident involving the accidental release of radioactivity into the environment (a radiation incident) can lead to the exposure of members of the public to ionising radiation. To protect the population as much as possible against the consequences of radiation incidents, the government developed an extensive response policy. In 2014, the framework for this policy was explained in the *National Crisisplan Radiation Incidents* ("NCS"), which replaces the former *National Plan for Nuclear Emergencies and Response* ("NPK"). Following these developments, RIVM has collected and updated the most important (public) technical information on this topic.

In this document the most important "objects" where a radiation incident could take place are identified, such as nuclear power plants. In addition, the document contains a description of incident scenarios for which protection measures have been prepared in the Netherlands. Also is described how the effects of a radiation accident can be determined, and what the most important protective measures are. The document also includes the new intervention levels and zoning for various protective measures. These have recently been harmonized with other neighboring countries.

RIVM manages a large part of the knowledge and modeling infrastructure and has extensive knowledge and expertise on the matter. Together with several other government organizations, RIVM has the task to provide decision makers who are responsible for the implementation of possible protective measures with up-to-date information and advice during a radiation incident. By collecting and updating the most important (public) technical information, RIVM and its partners are better prepared for this task.

Keywords: radiation incidents, radiation incident response, emergency preparedness and response, background information, intervention levels, emergency planning zones

Inhoud

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

- 1.1 Doelstelling, doelgroep en afbakening — 11
- 1.2 Leeswijzer — 12

2 Verantwoordelijkheden, betrokken organisaties en beleid — 13

- 2.1 Verantwoordelijkheden en betrokken organisaties — 13
- 2.2 Beleid — 14

3 Van bron tot dosis — 15

- 3.1 Inschatting bronterm — 16
- 3.2 Verspreiding — 17
- 3.3 Blootstelling en dosisbepaling — 18

4 Maatregelen, interventieniveaus en zonering — 21

- 4.1 Maatregelen — 21
 - 4.1.1 Directe maatregelen — 21
 - 4.1.2 Indirecte maatregelen — 22
 - 4.1.3 Overige maatregelen — 23
- 4.2 Interventieniveaus — 24
 - 4.2.1 Interventieniveaus voor momenteel geïmplementeerde maatregelen — 24
 - 4.2.2 Recentelijk aangepaste (nog niet geïmplementeerde) interventieniveaus — 26
 - 4.2.3 Dosisbeperkingen voor ongevalssituaties — 27
 - 4.2.4 Operationele interventieniveaus — 28
- 4.3 Maatregelzonering — 28
 - 4.3.1 Preparatiezones — 28
 - 4.3.2 Maatregelzones — 30

5 Scenario's bij stralingsongevallenbestrijding — 33

- 5.1 Ongevalsscenario's met A-objecten — 34
 - 5.1.1 Binnenlandse (operationele) kernenergiecentrales (scenario A1) — 34
 - 5.1.2 Buitenlandse kernenergiecentrales (scenario A2) — 35
 - 5.1.3 Nucleaire onderzoeksreactoren in Nederland en België (scenario A3) — 37
 - 5.1.4 Nucleair aangedreven schepen (scenario A4) — 38
 - 5.1.5 Transportongevallen met nucleair defensiemateriaal (scenario A5) — 39
 - 5.1.6 Het neerstorten van nucleaire satellieten (scenario A6) — 39
 - 5.1.7 Moedwillige versturende handelingen met radioactieve bronnen en stoffen (scenario A7) — 39
- 5.2 Ongevalsscenario's met B-objecten — 42
 - 5.2.1 Installatie voor uraniumverrijking (scenario B1) — 42
 - 5.2.2 Verzameling, verwerking en opslag van radioactief afval (scenario B2) — 42
 - 5.2.3 Overige inrichtingen met nucleair of radioactief materiaal (scenario B3) — 43
 - 5.2.4 Ongevallen bij het vervoer van radioactieve stoffen of bronnen en (bestraalde) splijtstoffen (scenario B4) — 44

5.2.5 Het aantreffen van radioactieve (zoekgeraakte) bronnen of besmetting (scenario B5) — 45

Bijlage 1 Begrippen — 47

Bijlage 2 Overzicht buitenlandse operationele kernenergiecentrales binnen (ongeveer) 500 km van de Nederlandse grens — 53

Bijlage 3 Literatuur — 55

Samenvatting

Het Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten, dat sinds 2014 het Nationaal Plan Kernongevallenbestrijding vervangt, bevat de uitgangspunten voor de voorbereiding van de Nederlandse overheid op de respons op een stralingsongeval. Het voorliggende document vat de openbaar beschikbare technische basis- en achtergrondinformatie samen die van belang kan zijn voor de functionarissen binnen de rijksoverheid en de Veiligheidsregio's die betrokken zijn bij stralingsongevallenbestrijding.

In het beleid inzake de voorbereiding op en de bestrijding van stralingsongevallen wordt een aantal standaard ongevalsscenario's gehanteerd, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen zogenoemde A- en B-objecten. De gevolgen van een stralingsongeval kunnen in potentie grensoverschrijdend zijn. Daarom worden niet alleen mogelijke stralingsongevallen met Nederlandse nucleaire inrichtingen en objecten beschouwd, maar ook buitenlandse inrichtingen tot op 500 km van de Nederlandse grens.

De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) speelt een centrale rol in de voorbereiding op en de bestrijding van stralingsongevallen. De ANVS beheert de Eenheid Planning en Advies-nucleair (EPAN), die bij incidenten met zogeheten A-objecten bestaat uit het Front Office en het Crisis Expert Team-straling (CET-straling). Bij incidenten met zogeheten B-objecten rapporteert het CET-straling rechtstreeks aan de Veiligheidsregio. Het CET-straling kan tijdens een stralingsongeval een inschatting kan maken van de radiologische effecten. Hierbij wordt gebruikgemaakt van onder meer bronterminformatie, meteorologische informatie, modellering van de verspreiding van radioactiviteit in het milieu, en de modellering van de (potentiële) blootstelling van leden van de bevolking. Op deze manier kan, door toetsing aan interventieniveaus, tijdens een stralingsongeval een advies worden gegeven aan de bevoegde autoriteiten over mogelijk te treffen beschermingsmaatregelen.

Een aantal interventieniveaus en preparatiezones is in 2014 gewijzigd door de Minister van Economische Zaken. Na implementatie van deze preparatiezones, die in gang is gezet, zullen alle betrokkenen worden geïnformeerd. In dit document worden zowel de vigerende als de nieuwe interventieniveaus en preparatiezones besproken.

De informatie in dit document is beperkt tot openbaar beschikbare informatie. Vertrouwelijke detailinformatie is op "*need-to-know*"-basis via het RIVM beschikbaar ten behoeve van de responsorganisatie.

1 Inleiding

Een stralingsongeval¹ kan leiden tot blootstelling van personen aan ioniserende straling, maar ook tot besmetting van gebouwen, voorwerpen, bodem en voedsel. Naast schade aan de volksgezondheid moet daarom bij stralingsongevallen ook rekening worden gehouden met mogelijke (en in sommige gevallen aanzienlijke) economische schade. Bij een stralingsongeval kan het gaan om een ongeval met een kernenergiecentrale, maar ook om een ongeval met, bijvoorbeeld, een radioactieve bron.

Een goede voorbereiding en respons op stralingsongevallen draagt bij aan het zo goed mogelijk beschermen van de bevolking tegen de risico's van blootstelling aan ioniserende straling. De gevolgen van een stralingsongeval kunnen in potentie grensoverschrijdend zijn. Daarom zal bij de voorbereiding en respons rekening moeten worden gehouden met de mogelijkheid dat ongevallen met buitenlandse nucleaire inrichtingen of radioactieve bronnen gevolgen kunnen hebben binnen de Nederlandse landsgrenzen.

In een aantal documenten is vastgelegd hoe de Nederlandse overheid de voorbereiding en respons op stralingsongevallen heeft georganiseerd. Als onderdeel daarvan vat dit document de belangrijkste basisinformatie samen, die relevant kan zijn ten tijde van een stralingsongeval.

1.1 Doelstelling, doelgroep en afbakening

Dit document is bedoeld voor de functionarissen van de Nederlandse organisaties voor stralingsongevallenbestrijding binnen de rijksoverheid en de Veiligheidsregio's. Het gaat daarbij in het bijzonder om operationele hulpverleners die betrokken zijn bij de organisatie van de stralingsongevallenbestrijding, maar ook om technische experts die participeren in de voorbereiding van de besluitvorming hierover. De doelgroep is daarmee smaller dan die van de oorspronkelijke *Leidraad kernongevallenbestrijding*, welke met het vaststellen van dit document komt te vervallen. De procesinformatie uit de Leidraad is verplaatst naar het *Responsplan Nationaal Plan Kernongevallenbestrijding 3.0* [1] (hierna *NPK Responsplan*), de basisinformatie is samengevat in het voorliggende document. Om het onderscheid met de vroegere Leidraad aan te geven is de naam veranderd in *Technische basisinformatie stralingsongevallenbestrijding*.

Het document bevat de basisinformatie over de belangrijkste objecten en scenario's voor stralingsongevallen die zich in Nederland voor kunnen doen. Het gaat hierbij onder meer om gegevens over de betrokken objecten, ongevalsscenario's, preparatiezones en interventieniveaus. De inhoud van dit document is beperkt tot de allereerste (urgente) fase van de ongevallenbestrijding. Na de allereerste fase zal moeten worden

¹ De termen "stralingsongeval" en "stralingsincident" worden doorgaans door elkaar gebruikt. In dit document is ervoor gekozen om zoveel mogelijk de term "stralingsongeval" te gebruiken. De enige uitzonderingen daarop zijn verwijzingen naar titels van documenten.

besloten over "nazorg"-maatregelen zoals (grootschalige) decontaminatie van gebieden, gebouwen en/of voorwerpen. Dergelijke maatregelen zijn geen onderdeel van dit document.

De indeling en een deel van de informatie in dit document is gebaseerd op die van het *NPK Responsplan*. Waar inhoudelijk wordt afgeweken van dit document – door, bijvoorbeeld, nieuwe inzichten, ontwikkelingen of afspraken – wordt dit aangegeven. Net als het hierboven genoemde *NPK Responsplan* is dit document een levend document. In nieuwe versies zullen de gegevens op elkaar worden afgestemd.

Opgemerkt wordt nog dat dit document alleen informatie bevat die als "openbaar" kan worden aangemerkt. Ten behoeve van de responsorganisatie is niet-openbare detailinformatie op "need-to-know"-basis beschikbaar via het RIVM.

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft op hoofdlijnen de verantwoordelijkheden voor de voorbereiding en respons op stralingsongevallen, evenals de betrokken organisaties en het beleid. Voor meer gedetailleerde informatie over deze onderwerpen wordt verwezen naar het *NPK Responsplan*. In hoofdstuk 3 wordt een beschrijving gegeven van de wijze waarop een inschatting wordt gemaakt van de brontermen, de verspreiding van radioactief materiaal in de atmosfeer en de blootstelling van mens en milieu. Hoofdstuk 4 behandelt de directe en indirecte maatregelen die kunnen worden getroffen en eventueel voorbereid, en gaat in op de geldende interventieniveaus en zonering. Hoofdstuk 5 beschrijft de scenario's die worden beschouwd in het *NPK-responsplan*.

2 Verantwoordelijkheden, betrokken organisaties en beleid

2.1 Verantwoordelijkheden en betrokken organisaties

De voorbereiding van de organisatie ten behoeve van een doelmatige bestrijding van stralingsongevallen (binnen of buiten Nederland) is een wettelijke taak van zowel de nationale overheid als de regionale overheid. In de Kernenergiewet [2] wordt aan de Minister van Infrastructuur en Milieu en "de minister(s) wie het aangaan" de verantwoordelijkheid gegeven voor de voorbereiding op de crisisbeheersing bij stralingsongevallen bij een categorie A-object (zie Bijlage 1) en de voorbereiding op mogelijk te treffen maatregelen. Bij een stralingsongeval bij een categorie A-object zijn de Minister van Infrastructuur en Milieu en de minister(s) wie het aangaan voorts verantwoordelijk voor de coördinatie van de crisisbeheersing, de besluitvorming over straling gerelateerde maatregelen en de coördinatie en uitvoering daarvan.

Onder de "ministers wie het aangaan" valt met name de Minister van Veiligheid en Justitie, in verband met zijn verantwoordelijkheid voor rampenbestrijding en crisisbeheersing, en in het bijzonder voor de crisiscoördinatie tussen de verschillende betrokken ministers en andere betrokken overheden bij een ongeval waarbij de nationale veiligheid in het geding is. De ministers van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, van Volksgezondheid, Welzijn en Sport en van Defensie kunnen betrokken zijn in verband met mogelijke consequenties voor respectievelijk arbeidsomstandigheden, volksgezondheid, en militaire aspecten.

Opgemerkt wordt nog dat de bovengenoemde verantwoordelijkheden op 1 mei 2015 zijn overgegaan van de Minister van Economische Zaken naar de Minister van Infrastructuur en Milieu, in het kader van de overdracht van de verantwoordelijkheid voor het gebied van nucleaire veiligheid en stralingsbescherming.

Bij een stralingsongeval bij een categorie B-object (zie Bijlage 1) is de burgemeester (of in geval van opschaling de voorzitter van de veiligheidsregio) verantwoordelijk voor de coördinatie van de crisisbeheersing, de besluitvorming over maatregelen en coördinatie en de uitvoering ervan.

De Minister van Infrastructuur en Milieu kan, al dan niet op verzoek van de burgemeester/de voorzitter van de veiligheidsregio, besluiten om een stralingsongeval met een categorie B-object te bestrijden als een stralingsongeval met een categorie A-object. In dat geval komt de verantwoordelijkheid van afhandeling van het stralingsongeval bij de Minister van Infrastructuur en Milieu te liggen. Echter, de uitvoeringsverantwoordelijkheid voor de crisisaanpak blijft op lokaal/regionaal niveau liggen en gaat niet over naar het Rijk.

Ten behoeve van de advisering in de respons op stralingsongevallen is het kennis en adviesnetwerk Eenheid Planning en Advies nucleair (EPAn) ingesteld. De EPAn bestaat bij incidenten met zogeheten A-objecten uit het Front Office en het CrisisExpertTeam-straling (CET-straling). Bij

incidenten met zogeheten B-objecten rapporteert het CET-straling rechtstreeks aan de Veiligheidsregio. De EPAn heeft tot taak om bij een (dreigend) kernongeval of stralingsincident bestuursorganen op verzoek of uit eigen beweging te informeren over de situatie en te adviseren over onder meer beschermingsmaatregelen. Op basis van informatie en advies van de EPAn kan door de verantwoordelijke en bevoegde autoriteiten worden besloten tot het treffen van beschermingsmaatregelen.

2.2 **Beleid**

Het beleid, de organisatie en de voorbereiding van de respons op een stralingsongeval hebben zich in de afgelopen decennia steeds verder ontwikkeld. Een groot deel hiervan is vastgelegd in documenten, waarvan het *Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten* (NCS) [3] het hoofddocument is. Het NCS vormt de basis voor een gecoördineerde inzet van de verschillende bestuurslagen en uitvoerende diensten ten tijde van een ongeval. Dit document is in 2014 vastgesteld door de Minister van Economische Zaken, als opvolger van het Nationaal Plan Kernongevallenbestrijding (NPK) [4] dat werd opgesteld naar aanleiding van het ongeval in Tsjernobyl.

Het in 2011 opgestelde *NPK Responsplan* [1] vormt het centrale document in een reeks van documenten dat zich richt op de responsfase van de stralingsongevallen. Dat document beschrijft de conceptuele uitgangspunten voor de bestrijding van stralingsongevallen in Nederland, en geeft een overzicht van de bestaande verantwoordelijkheden, afspraken en (besluitvormings-)procedures. In het *NPK Responsplan* is bewust afgestapt van het begrip "kernongevallenbestrijding" omdat ook andere radiologische ongevallen ("stralingsongevallen") deel uitmaken van het NCS. Het *NPK Responsplan* is een levend document², en wordt indien nodig geactualiseerd.

Het *Communicatieplan stralingsongevallen* [5] beschrijft in detail de communicatieaspecten rondom stralingsongevallen. Dit document is vooral bedoeld voor de voorlichters van de rijksoverheid. Het is echter ook voor communicatiemedewerkers van de Veiligheidsregio's beschikbaar.

De regionale respons op stralingsongevallen is onder meer beschreven in regionale *rampbestrijdingsplannen*, zoals [6] en [7], en het *Radiologisch Handboek Hulpverleningsdiensten* [8] dat ingaat op operationele en technische uitgangspunten. Het *Radiologisch Handboek Hulpverleningsdiensten* zal in 2015 worden vervangen door het document *Stralingsincidenten Veiligheidsregio's*.

Het voorliggende document is eveneens onderdeel van de bovengenoemde documentenreeks, en vervangt de *Leidraad kernongevallenbestrijding* [9].

² Op het moment van vaststellen van dit document geldt de versie 3.0

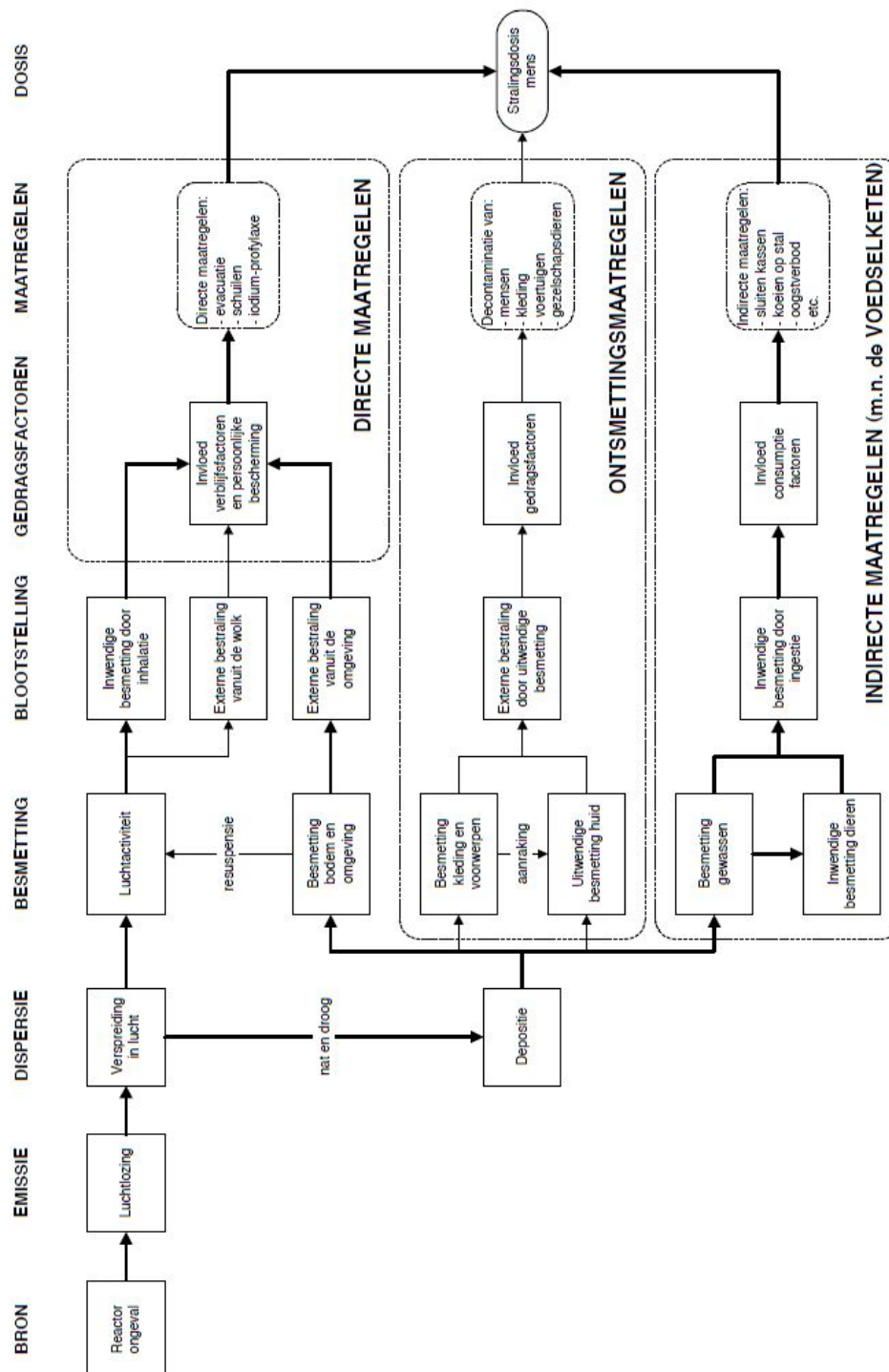
3 Van bron tot dosis

Dit hoofdstuk beschrijft de stappen en de samenhang daartussen in het proces van het bepalen van de (verdeling van de) stralingsdosis voor de bevolking als gevolg van een stralingsongeval met lozing naar de lucht. Het betreft feitelijk het proces dat wordt doorlopen door de EPAn als onderbouwing van haar advies. Veel van de informatie in dit hoofdstuk is overgenomen uit *Risicoschatting en -management bij radiologische en nucleaire incidenten* [10].

Het proces van het bepalen van de (verdeling van de) dosis voor de bevolking als gevolg van een stralingsongeval komt in grote lijnen neer op de uitvoering van onderstaande stappen.

- De inschatting van op welk tijdstip en in welke mate er radioactiviteit vrijkomt (de "bronterm"), en wat de kans hierop zou kunnen zijn (paragraaf 3.1);
- De bepaling van de (lokale) weersomstandigheden en omgevingsfactoren (paragraaf 3.2);
- De bepaling van de besmetting van de omgeving met radioactiviteit als gevolg van het vrijkomen van radioactiviteit en de verspreiding daarvan door de lucht (paragraaf 3.2).
- De bepaling van de stralingsdosis via directe blootstellingspaden (bestraling, ingestie, inhalatie) en indirecte blootstellingspaden (voedselketen) zonder rekening te houden met eventuele beschermingsmaatregelen en reacties van mensen (paragraaf 3.3);
- De correctie van de bepaalde stralingsdosis op basis van het verwachte (al dan niet door maatregelen opgelegde) gedrag van de mensen in de getroffen omgeving (paragraaf 3.3).

Deze stappen zijn in Figuur 1 in details weergegeven voor de gevolgen van een lozing naar de lucht. De lijnen die (potentieel) het meest bijdragen aan de stralingsdosis zijn vet weergegeven. De stippellijntjes geven aan waar beschermende maatregelen genomen kunnen worden.



Figuur 1 Schematisch overzicht van belastingspaden na een stralingsongeval met lozing naar de lucht

3.1 Inschatting bronterm

Voor een goede voorbereiding en respons op een stralingsongeval is het van belang om te beschikken over een inschatting van de hoeveelheid

radioactiviteit die vrij kan komen bij het stralingsongeval. Het gaat daarbij niet alleen om de vrijgekomen activiteit (het aantal becquerel), maar ook om de belangrijkste nucliden, en, indien mogelijk, de chemische verbindingen waarin deze nucliden vrijkomen. In het geval van ongevallen met nucleaire inrichtingen is het daarnaast van belang een inschatting te hebben over hoelang de lozing duurt, op welke hoogte de lozing plaatsvindt en wat de warmte-inhoud is van de lozing. Deze informatie wordt ook wel "bronterm" genoemd.

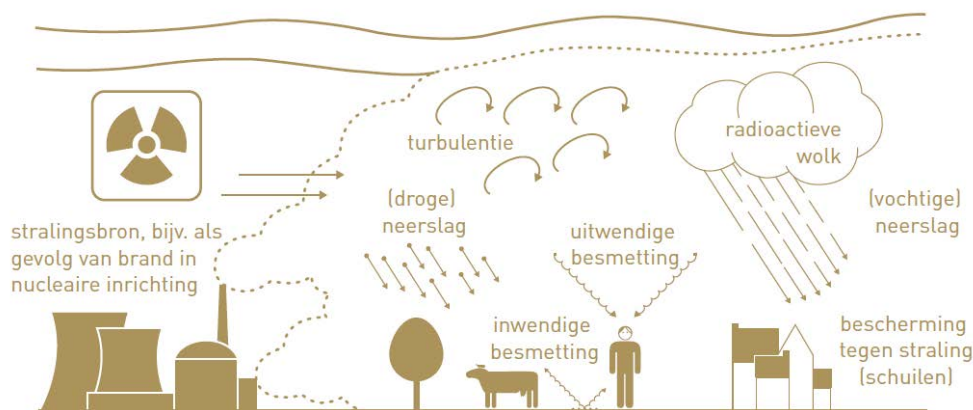
Bij een ongeval met een kernreactor gaat het bijna altijd om (een combinatie van) technisch en/of menselijk falen dat leidt tot beschadiging van splijtstof-materiaal als gevolg van onvoldoende koeling. Tijdens regulier bedrijf zijn er in de reactorkern honderden verschillende radioactieve stoffen gevormd, die als gevolg van lokale oververhitting ten dele kunnen ontsnappen. Echter, voordat er radionucliden in het milieu terecht kunnen komen, moet een aantal barrières genomen worden. Dit proces is zo complex dat het moeilijk is om tijdens een ongeval het emissieverloop te voorspellen. Om toch inzicht te krijgen in de gevolgen van een incident zijn zogenoemde "probabilistische" veiligheidsstudies uitgevoerd. Het resultaat is een set van mogelijke ongevalsscenario's met bijbehorende brontermen. In geval van een werkelijk ongeval kunnen de kenmerken van het ongeval vergeleken worden met de in de veiligheidsstudie doorgerekende scenario's. De bronterm van het "best passende" scenario biedt een indicatie voor de te verwachten lozing. Ook kan hier de verdere verwachte ontwikkeling van het ongeval op worden gebaseerd. Daarnaast wordt doorgaans een "worst case scenario" gedefinieerd waarin het ongevalsverloop is verwerkt bij het falen van één of meerdere systemen.

Voor ongevallen met andere nucleaire inrichtingen en radioactieve bronnen is de bronterminformatie ook afkomstig uit veiligheidsstudies, maar is doorgaans beperkt tot de belangrijkste nucliden, de activiteit, en in sommige gevallen de chemische verbindingen.

3.2 Verspreiding

Als er eenmaal radioactieve deeltjes naar de atmosfeer zijn geloosd, zullen die daar verder verspreid worden. Deze verspreiding is afhankelijk van de (lokale) meteorologische situatie.

De atmosfeer kan men zich als twee lagen voorstellen. In de onderste laag, de menglaag, vindt – afhankelijk van de mate van turbulentie – vermenging plaats van lucht en de daarin voorkomende (verontreinigende) stoffen. Uit windrichting en snelheid (op verschillende hoogtes) volgt het horizontale transport. De diffusie van de deeltjes wordt bepaald door de stabiliteit van de atmosfeer. Boven de menglaag zit de reservoirlaag. De menglaaghoogte, die de grens aangeeft tussen beide lagen, varieert sterk, van typisch enkele kilometers overdag tot soms minder dan tien meter 's nachts. De menglaaghoogte bepaalt tot op welke hoogte er verticale menging plaatsvindt en is een belangrijke parameter voor luchtverspreidingsberekeningen, vooral over lange afstanden. Radioactiviteit in de reservoirlaag kan zich over grotere afstanden verspreiden, en mogelijk in andere richtingen dan in de menglaag.



Figuur 2 Verspreiding van radioactiviteit en belastingspaden (overgenomen uit Risicoschatting en -management bij radiologische en nucleaire incidenten [11])

Naast meteorologische omstandigheden zijn ook de fysische en chemische eigenschappen van de deeltjes en de oppervlakteruwheid van het terrein van invloed op de verspreiding en depositie. Zware deeltjes slaan eerder neer dan lichte deeltjes en in de stad is de depositie van deeltjes anders dan op het platteland. Regenval draagt bij aan de *fall-out* van radioactieve deeltjes. Hier zijn twee processen te onderscheiden: *washout* en *rainout*. Bij *washout* gaat het om het invangen van radioactieve deeltjes door vallende regendruppels, maar dat gaat niet zo effectief. Bij *rainout* worden de regendruppels gevormd om bestaande radioactieve verontreinigingen die hoog in de atmosfeer aanwezig zijn. Dit neerslagproces is effectiever maar moeilijker te voorspellen.

Al met al kan de depositie van radioactieve deeltjes tijdens (hevige) regenval ordes van grootte hoger zijn dan onder droge omstandigheden. Vooral buiige regen tijdens het overtrekken van een radioactieve wolk kan leiden tot 'hot spots' in de depositie. Natte depositie (*washout* of *rainout*) betekent ook dat de wolk zelf zijn radioactiviteit verliest (depletie). Ook radioactief verval (dat per radionuclide anders is) en ingroei van radioactieve dochters met doorgaans andere fysisch-chemische eigenschappen dan de moeder, zijn van invloed op de lokale besmetting. Het resultaat van dit alles is een in de tijd veranderende besmetting van lucht en omgeving.

De hierboven beschreven processen kunnen met modelberekeningen worden gesimuleerd, op basis waarvan de besmetting van lucht en omgeving als functie van tijd en ruimte kan worden berekend. Deze berekeningen vormen de basis voor de bepaling van de stralingsdosis.

3.3 Blootstelling en dosisbepaling

Als de besmetting van lucht en omgeving bekend is, kan de stralingsdosis voor een onbeschermd referentiepersoon ('vrij in het veld') uitgerekend worden. Een onbeschermd referentiepersoon kan extern worden bestraald door radioactiviteit in de lucht en omgeving en inwendig worden besmet via inhalatie van radioactieve stofdeeltjes in de lucht en de consumptie van radioactief besmet voedsel. Ook kan

uitwendige besmetting plaatsvinden, hetzij direct (door *fall-out*), hetzij na aanraking van besmette goederen. Figuur 2 geeft van links naar rechts de volgende blootstellingspaden weer:

- inwendige besmetting door inhalatie van radioactieve deeltjes;
- externe bestraling door radioactieve deeltjes in de lucht;
- externe bestraling door neergeslagen radioactiviteit in de omgeving (na depositie);
- externe bestraling als gevolg van uitwendige besmetting (direct of via aanraking);
- inwendige besmetting door inname van besmet voedsel en/of drinkwater.

In de eerste vier gevallen wordt de mens op directe wijze blootgesteld. We spreken daarom van directe blootstellingspaden.

Beschermingsmaatregelen die leiden tot een reductie van directe blootstelling van de mens worden dan ook "directe maatregelen" genoemd. Voorbeelden hiervan zijn schuilen en evacuatie. In geval van consumptie van besmet voedsel of drinkwater hebben we te maken met indirecte blootstelling. Maatregelen om indirecte blootstelling te reduceren of te voorkomen noemen we "indirecte maatregelen". Deze maatregelen vinden vooral plaats in de voedselketen. Het gaat hierbij om maatregelen als een graasverbod en het sluiten van kassen.

Bij de dosisbepaling wordt de bijdrage van de verschillende nucliden aan de effectieve dosis van een onbeschermd referentiepersoon bepaald. Hierbij wordt gebruikgemaakt van dosis-conversie-coëfficiënten (DCC's). Een DCC is een factor die voor een bepaald nuclide en blootstellingspad het verband beschrijft tussen de activiteit en de dosis of het dosistempo. Zo kan met de juiste DCC bijvoorbeeld de (volg)dosis berekend worden als gevolg van het inademen van lucht die is besmet met een bekend aantal Bq Cs-137.

Ten slotte kunnen dosisreducerende factoren in rekening worden gebracht, die het (verwachte) gedrag van mensen beschrijven dat al dan niet het gevolg is van getroffen maatregelen. Een voorbeeld hiervan is een reductiefactor die de afscherming beschrijft van gebouwen, in het geval van de maatregel schuilen.

4 Maatregelen, interventieniveaus en zonering

Om de blootstelling van de bevolking in geval van een stralingsongeval te beperken, kunnen in gebieden met een verhoogd stralingsniveau beschermingsmaatregelen worden overwogen. In de regionale rampbestrijdingsplannen zijn daarom diverse beschermingsmaatregelen voorbereid. Een besluit over de daadwerkelijke uitvoering wordt genomen door de bevoegde autoriteiten, mede op basis van een toetsing van de te verwachten doses (zie hoofdstuk 3) aan de zogenoemde "interventieniveaus". Deze feitelijke toetsing wordt uitgevoerd door het CET-straling. De bevoegde autoriteiten kunnen bij een besluit over te treffen beschermingsmaatregelen ook niet-radiologische aspecten, zoals de operationele uitvoerbaarheid, mee laten wegen. Interventieniveaus zijn vastgestelde (ranges van) dosiswaarden waarboven overwogen moet worden maatregelen te treffen om de bevolking te beschermen. Deze interventieniveaus verschillen per maatregel.

In 2014 is een aantal interventieniveaus en (preparatie)zones gewijzigd, en zo veel mogelijk in overeenstemming gebracht met het beleid in Duitsland en België [11]. Na implementatie van deze preparatiezones, die in gang is gezet, zullen alle betrokkenen worden geïnformeerd. In de tussentijd zullen in de praktijk nog de oude interventieniveaus en zones worden gehanteerd. Om deze reden worden in dit document zowel de oude als de nieuwe interventieniveaus en zones besproken.

Hieronder worden de belangrijkste maatregelen beschreven, en worden de interventieniveaus verder toegelicht. De maatregelen zijn nader uitgewerkt in de regionale rampbestrijdingsplannen.

4.1 Maatregelen

Maatregelen zijn onder te verdelen in directe maatregelen en indirecte maatregelen.

4.1.1 *Directe maatregelen*

Directe maatregelen zijn gericht op reductie van de directe blootstelling van de mens aan radioactieve stoffen en straling, bijvoorbeeld vanuit een radioactieve wolk. De uitvoering van deze maatregelen is complex en de maatregelen moeten goed gecoördineerd worden. Om deze reden is de voorbereiding van directe maatregelen in de regionale rampbestrijdingsplannen vastgelegd. De belangrijkste directe maatregelen zijn evacuatie, schuilen en jodiumprofylaxe.

Evacuatie

Evacuatie is een effectieve maatregel als ze op een gecoördineerde wijze uitgevoerd en voltooid kan worden vóórdat een mogelijke lozing van radioactieve stoffen plaatsvindt, maar ook na overtrekken van de radioactieve wolk kan het een nuttige en effectieve maatregel zijn. Als de lozing van korte duur zal zijn of als het evacuatieproces niet tijdig kan worden afgerond waardoor de bevolking (onbeschermd)

blootgesteld kan worden aan ioniserende straling, kan de maatregel schuilen effectiever zijn.

In het *NPK Responsplan* en in *Nederlandse Interventieniveaus bij Kernongevallen* [12] wordt onderscheid gemaakt tussen onmiddellijke evacuatie, vroege evacuatie en niet-urgente evacuatie. Als de term evacuatie zonder toevoeging wordt gebruikt, wordt doorgaans vroege evacuatie bedoeld.

Bij de beslissing om al dan niet te evacueren geldt in bijzondere mate dat ook operationele en/of praktische omstandigheden worden meegewogen. Zo kan het voorkomen dat files op de wegen een evacuatie praktisch onmogelijk maken.

Schuilen

Schuilen is een effectieve maatregel om inhalatie van radioactieve stoffen en blootstelling aan externe straling als gevolg van een lozing te verlagen. Afhankelijk van het type gebouw kan schuilen de dosis met 50% beperken (dit is een gemiddelde waarde). De effectiviteit van de maatregel neemt in de loop van de tijd af, omdat de blootstelling in huis na een aantal uren door het binnendringen van de (besmette) buitenlucht niet veel lager is dan buitenshuis. Enige tijd nadat een radioactieve wolk is gepasseerd, kan de blootstelling binnenshuis zelfs groter zijn dan buiten.

Na het overtrekken van de wolk dienen de ramen en deuren weer geopend te worden om te voorkomen dat de concentraties radioactiviteit, en daarmee de blootstelling, binnen hoger blijft dan buiten. Na afloop van een lozing moet altijd worden nagegaan of evacuatie na schuilen alsnog nodig is.

Jodiumprofylaxe

Radioactief jodium kan bij de mens in de schildklier worden opgeslagen, wat leidt tot een schildklierdosis, en bijgevolg tot een verhoogd risico op schildklierkanker. Om dit risico te verminderen, kan voorafgaand aan de blootstelling aan radioactieve stoffen een tablet of een drankje met niet-radioactief jodium ingenomen worden. De schildklier zal zich daarmee verzadigen zodat deze geen radioactief jodium meer kan opnemen. Ook tot enige uren na de lozing heeft het innemen van een tablet met niet-radioactief jodium nog een reducerend effect. De overheid geeft het tijdstip aan wanneer de jodiumtablet het beste kan worden ingenomen. De kans op het krijgen van schildklierkanker door de blootstelling aan radioactief jodium is groter voor kinderen dan voor volwassenen. Er zijn daarom andere interventieniveaus voor jodiumprofylaxe voor kinderen dan voor volwassenen.

4.1.2

Indirecte maatregelen

Indirecte maatregelen zijn gericht op de niet-directe blootstellingspaden van een lozing van radioactieve stoffen, bijvoorbeeld door het eten van besmet voedsel. Indirecte maatregelen kunnen zowel direct na een ongeval (of dreiging) als op lange termijn afgekondigd en uitgevoerd worden. Deze maatregelen zijn er over het algemeen op gericht te voorkomen dat radioactiviteit in de voedselketen terechtkomt, die

uiteindelijk kan leiden tot blootstelling van de mens. Hier worden twee voorbeelden van indirecte maatregelen genoemd.

Graasverbod

Na een lozing van radioactiviteit naar de lucht kunnen weidegronden door depositie besmet raken. Door het grazen van vee op besmette weilanden wordt de radioactiviteit opgenomen in de voedselketen. Om dit te voorkomen, kan een graasverbod worden afgekondigd. Hierbij wordt het vee zo snel mogelijk, bij voorkeur voordat de wolk radioactiviteit voorbijtrekt, maar desnoods tijdens of direct erna, naar binnen gehaald. Tot deze maatregel behoort ook het niet voeren van vers gemaaid gras aan vee dat op stal staat.

Sluiten kassen

Om te voorkomen dat gewassen in kassen worden besmet en er radioactiviteit in de voedselketen terechtkomt, kan worden opgeroepen de kassen te sluiten. Dit is een relatief snelle en eenvoudig uit te voeren maatregel.

4.1.3

Overige maatregelen

In het *NPK Responsplan* worden naast directe en indirecte maatregelen verder nog de volgende maatregelen genoemd.

Decontaminatie

Bij een besmetting van de huid met radioactiviteit kan de huid worden ontsmet (gedecontamineerd) door te douchen of te wassen. Bij hoge besmettingsniveaus moet ontsmetting door de brandweer worden uitgevoerd. Ook goederen kunnen besmet raken. Bij een stralingsongeval zullen dan ook doorgaans besmettingscontroles plaatsvinden.

Afsluiten inlaatpunten drinkwater

Om te voorkomen dat radioactieve besmetting in oppervlaktewater en in drinkwater terechtkomt, kan worden besloten tot het sluiten van de innamepunten van drinkwater. Ook in geval van besmetting van spaarbekkens zijn maatregelen gedefinieerd.

Beperken gebruik beregeningswater

Om blootstelling van de bevolking zo veel als mogelijk te minimaliseren, zal voorkomen moeten worden dat als gevolg van een ongeval geloosde radioactiviteit in de voedselketen terechtkomt, als gevolg van het beregenen van weilanden en landbouwgronden met besmet oppervlaktewater. Bij beregening van begroeid land worden de gewassen direct besmet, terwijl bij bijvoorbeeld weilanden de besmetting later optreedt, als er bijvoorbeeld door melkkoeien wordt gegraasd. Interventieniveaus zijn opgesteld voor maatregelen op zowel begroeid als onbegroeid land. Deze zijn opgenomen in het *NPK Responsplan*.

Beperken gebruik zuiveringsslib

Het slib van rioolwaterzuiveringsinstallaties kan worden gebruikt als meststof. Na een kernongeval kan dit slib radioactief vervuild zijn. Bij overschrijding van het betreffende interventieniveau kan worden overwogen het uitrijden van zuiveringsslib te verbieden.

Relocatie en terugkeer

Relocatie houdt in dat bewoners van besmet gebied elders worden gevestigd. Dit is aan de orde als het interventieniveau voor relocatie wordt overschreden. Hierbij wordt gekeken naar de dosis als gevolg van externe straling die afkomstig is van gedeponeerd materiaal. De besluitvorming over deze maatregel is afhankelijk van de specifieke omstandigheden in het getroffen gebied (optimalisatie). Het bevoegd gezag kiest daarom een geoptimaliseerd interventieniveau. In beginsel is een besluit over terugkeer pas aan de orde wanneer in deze gebieden dit interventieniveau niet wordt overschreden.

Er bestaan nog andere beschermingsmaatregelen waarop hier niet verder wordt ingegaan, waaronder het afkondigen van een visverbod, oogstverbod of slachtverbod, het verstrekken van persoonlijke beschermingsmiddelen, het instellen van toegangsbeperkingen, en de medische opvang van slachtoffers.

4.2 Interventieniveaus

Zoals hierboven is aangegeven, zijn interventieniveaus vastgestelde (ranges van) dosiswaarden waarboven overwogen moet worden maatregelen te treffen om de bevolking te beschermen. Deze interventieniveaus verschillen over het algemeen per maatregel. In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de verschillende interventieniveaus. Daarbij is van belang dat de interventieniveaus voor een aantal directe maatregelen recentelijk zijn aangepast, maar dat de bijbehorende maatregelen nog niet zijn geïmplementeerd. Totdat dit het geval is, zullen daarom in de praktijk de "oude" interventieniveaus worden gebruikt. Om deze reden worden in paragraaf 4.2.1 eerst de interventieniveaus opgesomd zoals deze momenteel worden toegepast, en worden vervolgens in paragraaf 4.2.2 de recentelijk aangepaste interventieniveaus gepresenteerd.

4.2.1 *Interventieniveaus (vigerend)*

De interventieniveaus voor directe maatregelen staan in Tabel 1. Deze waarden zijn uitgedrukt in effectieve dosis³ of in equivalente (schildklier of huid)dosis, beide uitgedrukt in Sievert (Sv). De waarden zijn overgenomen uit Bijlage B van het *NPK Responsplan*. De evaluatietijd is de termijn waarover de toetsing van de stralingsdosis aan de interventieniveaus wordt gedaan.

³ De effectieve dosis (E) is gedefinieerd als het gewogen totaal van de verschillende equivalente orgaandoses (H).

Tabel 1 Overzicht interventieniveaus en ranges voor directe maatregelen

Maatregel	Evaluatie-tijd	Effectieve dosis (mSv)		Schildklierdosis (mSv)		Huid-dosis (mSv)
		Uitgangs-waarde	Range	Uitgangs-waarde	Rang e	
Onmiddellijke evacuatie	48 uur	1000	-	5000	-	3000
Vroege evacuatie	48 uur	200	-	-	-	-
Schuilen	48 uur	10	-	-	-	-
Jodiumprofylaxe <18 jaar	48 uur	-	-	100	-	-
Jodiumprofylaxe 18-40 jaar	48 uur	-	-	1000	-	-
Huidontsmetting	24 uur	-	-	-	-	50
Huidontsmetting en medische behandeling	24 uur	-	-	-	-	500
Niet-urgente evacuatie	1 jaar	-	50-250	-	-	-
Relocatie en terugkeer	50 jaar	-	50-250	-	-	-

Voor een aantal van de maatregelen die zijn gericht op de bescherming van de voedselketen, zijn (afgeleide) interventieniveaus vastgesteld. Deze zijn samengevat in Tabel 2 en zijn overgenomen uit Bijlage B van het *NPK Responsplan*.

Tabel 2 (Afgeleide) interventieniveaus indirecte maatregelen

Maatregel	Groep Sr	Groep I	Groep alfa	Groep overig
Drinkwater (Bq/l)	125	500	20	1000
Graasverbod (Bq/m ²)	-	5000	-	-
Sluiten kassen (Bq/m ³)	375	1000	40	625
Berekening begroeid land (Bq/l)	15	40	2	25
Berekening onbegroeid land (Bq/l)	50	-	2	800
Gebruik zuiveringsslib (kBq/kg droge stof)	50	-	2	800
Babyvoeding (Bq/g)	75	150	1	400
Verse melkproducten (Bq/l)	125	500	20	1000
Minder belangrijke levensmiddelen (Bq/g)	7500	20000	800	12500
Andere behalve minder belangrijke levensmiddelen (Bq/g)	750	2000	80	1250
Vloeibare levensmiddelen (Bq/l)	125	500	20	1000
Diervoeding (Bq/g)				1250-5000

De aanduiding "groep" in Tabel 2 slaat op een groep van verschillende radionucliden die vergelijkbare (bio)chemische eigenschappen hebben. De groep Sr staat voor de strontium-isotopen, de groep I voor de jodium-isotopen, en de groep alfa voor de nucliden waarvoor alfaverval kenmerkend is. Onder groep "overige nucliden" wordt verstaan alle andere nucliden met een halfwaardetijd langer dan 10 dagen, waaronder met name Cs-134 en Cs-137.

4.2.2

Recentelijk aangepaste (nog niet geïmplementeerde) interventieniveaus

De interventieniveaus voor schuilen en evacuatie in Tabel 1 zijn oorspronkelijk bepaald op basis van de *Nota Omgaan met Risico's van Straling* [13]. Op basis van scenarioberekeningen zijn toen zones vastgesteld waarin de interventieniveaus naar verwachting als gevolg van een stralingsincident worden overschreden. Na 1990 zijn de inzichten over risico's en het risicogetal voor fatale tumoren veranderd. Bovendien is steeds duidelijker geworden dat interventieniveaus waar mogelijk moeten worden afgestemd op de niveaus van de ons omringende landen. Na een eerdere wijziging in 2008 zijn daarom in 2014 enkele interventieniveaus en preparatiezones aangepast, om een betere afstemming met België en Duitsland te krijgen [11]. Het betreft de afstemming van de voorbereiding op en maatregelen bij ongevallen met de kernenergiecentrales Borssele, Tihange en Doel in België, Emsland in Duitsland en de onderzoeksreactoren in Delft en Petten (Nederland) en Mol in België.

Essentieel in deze aanpassing is dat nu naast een "uitgangswaarde", die het uitgangspunt is bij een ongeval met een Nederlandse installatie, (opnieuw) een interventiewaarderange wordt geïntroduceerd. Deze range geeft de onder- en bovengrens aan waarbinnen de te gebruiken interventiewaarde dient te liggen.

Bij een ongeval over de grens volgt Nederland in eerste instantie de maatregelen van het land waar de ramp plaatsvindt. Hierdoor behoren onwenselijke verschillen in aanpak in de grensregio tot het verleden. Het hanteren van ranges maakt, in het geval van een ongeval met een buitenlandse inrichting, het in Nederland overnemen van een door het buitenland afgekondigde maatregel eenvoudiger. Zou bij het overnemen van een buitenlandse maatregel worden vastgehouden aan een afwijkend Nederlands interventieniveau, dan zou feitelijk een niet uit te leggen inconsistentie optreden. De op deze manier geïntroduceerde flexibiliteit leidt er dus toe dat in geval van een ongeval in Duitsland of België in Nederland de uitgangspunten voor de crisisbestrijding kunnen worden overgenomen. De aldus aangepaste interventieniveaus en ranges voor directe maatregelen staan in Tabel 3.

Tabel 3 Aangepaste interventieniveaus en ranges directe maatregelen

Maatregel	Evaluatie -tijd	Effectieve dosis (mSv)		Schildklierdosis (mSv)	
		Uitgangs -waarde	Range	Uitgangs -waarde	Range
Vroege evacuatie	48 uur	100	50-100	-	-
Schuilen	48 uur	10	5-15	-	-
Jodiumprofylaxe <18 jaar	48 uur	-	-	50	10-50
Jodiumprofylaxe 18-40 jaar	48 uur	-	-	100	50-250

Daarnaast is de zonering feitelijk losgekoppeld van een specifiek Nederlands maatscenario. In plaats daarvan zijn de meest recente IAEA-richtlijnen voor preparatiezones [15] overgenomen, en enigszins aangepast om harmonisatie met de buurlanden mogelijk te maken. In paragraaf 4.3.1 zijn de betreffende preparatiezones grafisch weergegeven.

4.2.3

Dosisbeperkingen voor ongevalssituaties

Voor reguliere handelingen gelden dosislimieten voor werknemers, zoals vastgelegd in het Besluit Stralingsbescherming. Dosislimieten zijn **niet** van toepassing in geval van een interventie in een radiologische noodsituatie. Voor deze situaties gelden er voor werknemers en hulpverleners dosisbeperkingen, waarvan de hoogte verband houdt met het belang van de te behalen doelen. Deze dosisbeperkingen zijn weergegeven in Tabel 4. Deze waarden zijn afkomstig uit het *Besluit stralingsbescherming* [14].

Tabel 4 Dosisbeperkingen voor werknemers en hulpverleners bij interventies

Maatregel	Effectieve dosis
Levensreddend werk	750 mSv
Het redden van belangrijke materiële belangen	250 mSv
Ondersteuning of uitvoering van metingen, evacuatie, jodiumprofylaxe, openbare orde en veiligheid	100 mSv

De hoogste dosisbeperking van 750 mSv mag op grond van artikel 118, derde lid, van het Besluit stralingsbescherming slechts worden overschreden indien dat *'noodzakelijk is om mensenlevens te redden of belangrijke materiële belangen veilig te stellen, de betrokken werknemer of hulpverlener door de ondernemer is geïnformeerd over de risico's van de interventie en de interventie vrijwillig wordt uitgevoerd'*. De brandweer heeft, vooruitlopend op de toekomstige implementatie van richtlijn 2013/59/Euratom aangegeven in de praktijk lagere waarden te hanteren, gebaseerd op de waarden in artikel 53 van deze richtlijn. Dit zal worden vastgelegd in het *Radiologisch Handboek Hulpverleningsdiensten* [8].

4.2.4 Operationele interventieniveaus

De (radiologische) omstandigheden tijdens een stralingsongeval kunnen van geval tot geval sterk verschillen. Afhankelijk van de aard en ernst van het ongeval zijn verschillende maatregelen noodzakelijk voor de bescherming van de bevolking en/of van hulpverleners. Bij het besluit over het wel of niet overgaan tot een bepaalde maatregel of actie kan worden getoetst aan operationele interventieniveaus (*Operational Intervention Levels* of OILs).

Om op basis van metingen in het veld een snelle inschatting te maken van de veiligheid van bevolking kan er worden getoetst aan een zogenaamde Operational Intervention Level (OIL). Een OIL wordt uitgedrukt in een direct meetbare grootheid (bijvoorbeeld omgevingsdosistempo) en is gerelateerd aan een bepaald interventieniveau (meestal effectieve dosis).

Het dosistempo kan met behulp van beschikbare apparatuur relatief eenvoudig worden bepaald, in tegenstelling tot de effectieve (volg)dosis, die feitelijk de indicator is voor de gezondheidsschade. De omrekening van interventieniveaus naar OILs hangt samen met de precieze samenstelling van de aanwezige radioactiviteit. Daarom kunnen, waar de interventieniveaus vaststaan, OILs bij elk ongeval anders zijn.

Het CET-straling hanteert een standaard-OIL voor schuilen, deze is weergegeven in Tabel 5. Hierbij is uitgegaan van een lozing van radioactiviteit na een kernongeval die vier uur aanhoudt. De OIL geldt voor tijdens het overtrekken van de wolk. Deze OIL is in lijn met de waarde die het IAEA hanteert in *Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency (IAEA-GSG-2)* [15].

Tabel 5 Operationeel interventieniveau (OIL) (op basis van "STC-CON1") [12].

Interventie Bevolking	OIL/Dosis- tempo- beperking	Interventienive au/ Dosisbeperking	Commentaar
Schuilen	0,1 mSv/h	10 mSv	Gebaseerd op interventieniveau schuilen

Voor een eerste gebruik in de acute fase van een kernongeval is de standaard-OIL in Tabel 5 een prima uitgangspunt. Tijdens de responsfase kan het CET-straling op basis van de werkelijke nuclidensamenstelling een lijst OILs afleiden, die toegespitst is op de specifieke situatie van het ongeval. Dit geldt ook voor OILs die gebruikt worden voor interventies na pluimpassage, zoals relocatie. Hiertoe dient *IAEA-GSG-2* [15] als leidraad. In het kader van nieuwe Europese regelgeving zal de ANVS een aangepaste lijst OILs ontwikkelen.

4.3 Maatregelzoning

4.3.1 Preparatiezones

Een preparatiezone is een gebied waarbinnen de veiligheidsregio voorbereidingen treft voor het uitvoeren van één of meerdere beschermingsmaatregelen. Het treffen van voorbereidingen in een preparatiezone gebeurt in de preparatiefase, dus vóórdat er sprake is van een (dreigend) ongeval.

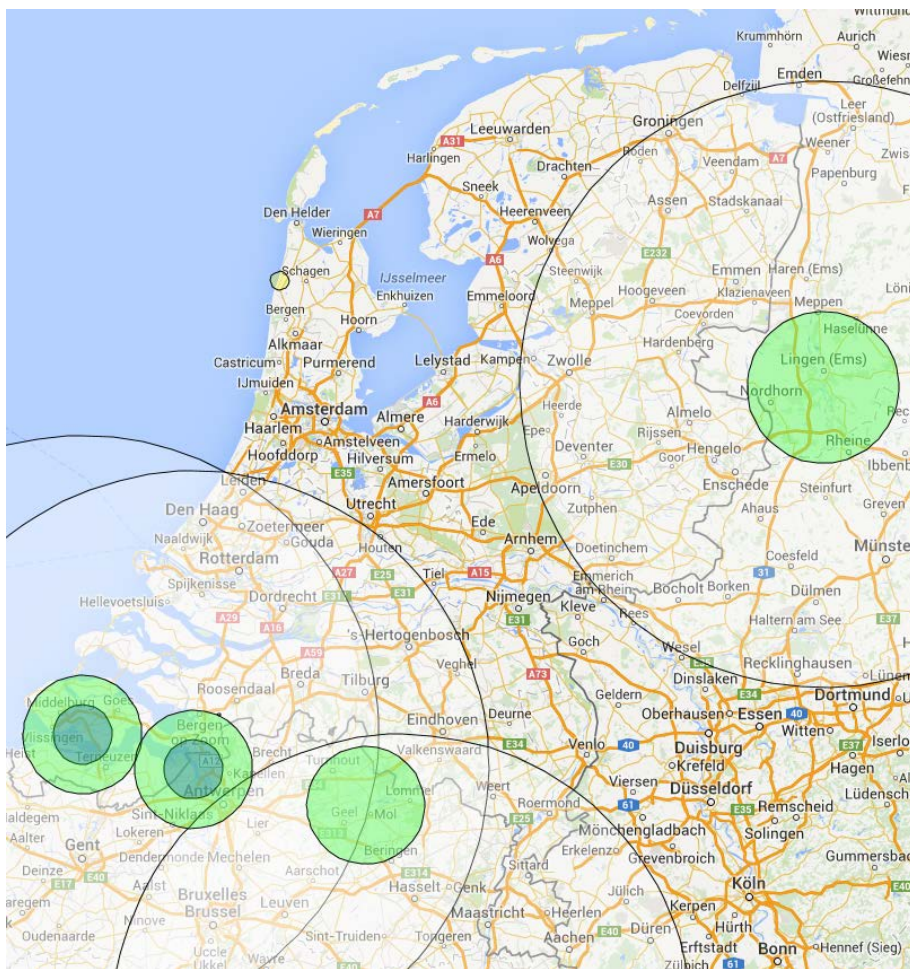
4.3.1.1. Huidige preparatiezones

De momenteel gehanteerde preparatiezones zijn bepaald door toetsing van een berekende dosisverdeling aan interventieniveaus, op basis van doorrekening van een maatgevend scenario.

4.3.1.2. Aanpassing van enkele preparatiezones

Zoals eerder is aangegeven, zijn in 2014 enkele interventieniveaus voor directe maatregelen aangepast, en zijn voor deze maatregelen aangepaste preparatiezones vastgesteld. Het gaat hierbij om stralingsongevallen met Nederlandse en buitenlandse kernreactoren, waarvoor de zonering gebaseerd wordt op de meest recente IAEA-richtlijnen voor preparatiezones, en geharmoniseerd wordt met de buurlanden. Voor de maatregel jodiumprofylaxe zullen twee preparatiezones worden ingesteld: één zone voor predistributie aan de bevolking en één zone waar tijdens een kernongeval op basis van een distributieplan jodumpillen snel beschikbaar moeten zijn voor de doelgroep (zwangeren en mensen onder de 18 jaar). Zoals eveneens eerder is aangegeven, is voorbereiding van de maatregelen in de betreffende zones op het moment van publiceren van dit rapport nog niet afgerond.

In Figuur 3 zijn de aangepaste preparatiezones voor stralingsongevallen met binnenlandse en buitenlandse kernreactoren weergegeven. De blauwe gebieden zijn de preparatiezones voor evacueren en schuilen, de groene gebieden zijn de preparatiezones voor predistributie van jodumpillen, en de witte gebieden zijn de preparatiezones waar al jodumpillen beschikbaar moeten zijn ten behoeve van distributie tijdens een stralingsongeval. Voor de Hoge Flux Reactor vallen de preparatiezones voor evacueren, schuilen en jodiumdistributie samen (zie ook Tabel 11). Deze zone is geel gemarkeerd.



Figuur 3 In 2014 aangepaste preparatiezones voor stralingsongevallen met binnenlandse en buitenlandse kernreactoren, voor zover deze zones in Nederland van toepassing kunnen zijn

Niet voor alle maatregelen zijn preparatiezones aangepast: voor maatregelen op het gebied van de landbouw en voedselvoorziening, waterhuishouding en drinkwatervoorziening is dit niet aan de orde. Beslissingen over het al dan niet uitvoeren van dergelijke maatregelen kunnen, na een lozing van radioactiviteit of na het overtrekken van een wolk met radioactief materiaal, door het bevoegd gezag worden genomen op basis van de informatie die op dat moment beschikbaar is.

4.3.2

Maatregelzones

Een maatregelzone is een gebied waar tijdens een stralingsongeval maatregelen overwogen moeten worden. Deze maatregelen zijn niet voor alle beschouwde stralingsongevallen ter plekke van tevoren voorbereid: voor ongevallen met niet-plaatsgebonden B-objecten, zoals transporten van radioactief materiaal, en voor ongevallen met nucleair defensiemateriaal is dit om verschillende redenen niet mogelijk.

Verder geldt dat in geval van een stralingsongeval de betreffende maatregel waarschijnlijk maar in een deel van preparatiezone zal hoeven worden afgekondigd, afhankelijk van de situatie. Het CET-straling kan in het geval van een stralingsongeval met behulp van

modelberekeningen en metingen bepalen waar mogelijk interventieniveaus zullen worden overschreden. Op basis van deze informatie kunnen tijdens het (dreigende) ongeval maatregelzones worden bepaald passend bij de situatie.

In paragraaf 5.2.3 zijn de standaardmaatregelzones voor ongevallen met B-objecten, evenals de achtergrond daarvan, uitgebreid beschreven.

5 Scenario's bij stralingsongevallenbestrijding

Binnen het beleid voor bestrijding van stralingsongevallen wordt een aantal standaardscenario's beschouwd [1]. Deze scenario's betreffen ongevallen met objecten die radioactiviteit bevatten, en kunnen leiden tot blootstelling van de bevolking (stralingsongevallen). De scenario's worden in Tabel 6 opgesomd en verderop in dit hoofdstuk kort beschreven. Daarbij wordt een onderscheid gemaakt tussen scenario's met "A-objecten" en scenario's met "B-objecten" (zie ook de begrippenlijst in Bijlage 1).

Tabel 6 Standaardscenario's

Nr.	Scenario's	Objectcategorie	Paragraaf
A1	Binnenlandse kernenergiecentrales	A	5.1.1
A2	Buitenlandse kernenergiecentrales:	A	5.1.2
A2a	- nabij de Nederlandse grens		
A2b	- ver van de Nederlandse grens		
A3	Nucleaire onderzoeksreactoren	A	5.1.3
A4	Nucleair aangedreven schepen	A	5.1.4
A5	Transportongevallen met nucleair defensiemateriaal	A	5.1.5
A6	Het neerstorten van nucleaire satellieten	A	5.1.6
A7	Moedwillige handelingen met radioactieve bronnen of stoffen	A	5.1.7
A7a	- dreiging met een stralingsongeval		
A7b	- opzettelijke blootstelling van personen aan hoogradioactief materiaal		
A7c	- opzettelijke besmetting op een locatie		
A7d	- "vuile bom" (Radiological Dispersion Device)		
A7e	- opzettelijke besmetting van een locatie		
A7f	- moedwillig handelen bij een nucleaire verstoring		
B1	Installatie voor uraniumverrijking	B	5.2.1
B2	Het verzamelen, verwerken en de opslag van radioactief afval	B	5.2.2
B3	Overige inrichtingen met nucleair/radiologisch materiaal of stralingsapparatuur	B	5.2.3
B4	Transportongevallen met stralingsbronnen of besmetting	B	5.2.4
B5	Het aantreffen van radioactieve (zoekgeraakte) bronnen of besmetting	B	5.2.5

Zoals uit Tabel 6 valt op te maken, vallen onder categorie A-objecten de in werking zijnde kerncentrales in en nabij Nederland,

onderzoeksreactoren, satellieten en schepen die gebruikmaken van kernenergie, nucleair defensiemateriaal en transporten van hoogradioactieve afvalstoffen van een kernenergiecentrale. Ook moedwillige handelingen met radioactieve bronnen of stoffen en ongevallen met objecten in het buitenland worden als ongeval met een categorie A-object behandeld.

Onder categorie B-objecten vallen alle andere objecten dan categorie A-objecten waar sprake is van de aanwezigheid van radioactieve stoffen, zoals installaties voor uraniumverrijking, verwerking en opslag van radioactieve stoffen, locaties (vast en mobiel) waar radioactieve stoffen en bronnen worden gemaakt of gebruikt, en overige transporten.

Per scenario wordt in de volgende paragrafen een korte beschrijving gegeven van het voor het scenario relevante object, en worden voor dit object de relevante preparatie- of maatregelzones gegeven. Van belang daarbij is dat bij jodiumprofylaxe een onderscheid wordt gemaakt tussen enerzijds de distributie van jodium tijdens een stralingsongeval volgens een distributieplan en anderzijds de predistributie van jodiumtabletten. In het laatste geval worden de tabletten vooraf verstrekt aan de inwoners binnen de "jodium-predistributie preparatiezone".

5.1 Ongevalsscenario's met A-objecten

5.1.1 *Binnenlandse (operationele) kernenergiecentrales (scenario A1)* *Kerncentrale Borssele*

De enige operationele kernenergiecentrale in Nederland is de kerncentrale Borssele (KCB). Deze centrale is van het type PWR (drukwaterreactor) en heeft een elektrisch vermogen van 512 MW_e. De centrale staat in de gemeente Borssele, in de provincie Zeeland. De Veiligheidsregio Zeeland heeft in haar *Rampbestrijdingsplan Nucleaire Installaties* beschreven hoe zij is voorbereid op een kernongeval in Borssele [6].

Preparatiezones kerncentrale Borssele

Voor ongevallen met de kerncentrale Borssele zijn de preparatiezones vastgesteld die in Tabel 7a zijn weergegeven. De preparatiezones zijn beschreven in paragraaf 4.3.1.

Tabel 7a Huidige preparatiezones kernenergiecentrale Borssele

Maatregel	Zone (km)
Evacuatie	5
Jodiumprofylaxe	10
Schuilen	20

Deze preparatiezones zullen op termijn worden aangepast als in Tabel 7b.

Tabel 7b Toekomstige preparatiezones kernenergiecentrale Borssele

Maatregel	Zone (km)
Evacuatie	10
Schuilen	10
Jodium-predistributie	20
Jodium-distributieplan	100

5.1.2 *Buitenlandse kernenergiecentrales (scenario A2)*

Verspreid over de hele wereld is een groot aantal nucleaire inrichtingen in bedrijf, waaronder meer dan 400 (civiele) kernenergiecentrales. Een aantal daarvan bestaat uit meerdere kernreactoren. Daarnaast zijn tussen de 200 en 250 nucleaire onderzoeksreactoren in bedrijf. Rond de 100 kernreactoren bevinden zich in een fase van ontmanteling. Verder beschikken de meeste ontwikkelde landen over opslagfaciliteiten voor radioactief afval en/of bestraalde splijtstof, en zijn in enkele landen opwerkings- of verrijkingsfabrieken te vinden.

Ook in de landen rondom Nederland staan diverse nucleaire inrichtingen. Met het oog op de redelijkerwijs te verwachten potentiële effecten binnen de Nederlandse landgrenzen worden – voor wat betreft de voorbereiding van directe maatregelen – enkel kernenergiecentrales beschouwd nabij de Nederlandse grens. In paragraaf 5.1.2.1 wordt beschreven om welke centrales het gaat en welke preparatiezones op Nederlands grondgebied zijn vastgesteld. Deze preparatiezones staan verder beschreven in paragraaf 4.3.1.

- 5.1.2.1. Kernenergiecentrales nabij de Nederlandse grens (scenario A2a)
Voor de kernenergiecentrales Doel en Tihange in België en Emsland in Duitsland zijn preparatiezones vastgesteld voor de directe maatregelen evacuatie, schuilen en jodiumprofylaxe.
- 5.1.2.2. Kerncentrale Doel
De kernenergiecentrale Doel (4 PWR-reactoren) in België staat op ongeveer 3 km van de grens met Nederland: 2,8 km ten oosten van de gemeente Hulst en 6 km ten zuidwesten van de gemeente Woensdrecht.

Preparatiezones Doel

Voor kerncentrale Doel zijn de preparatiezones vastgesteld die in Tabel 8a zijn weergegeven.

Tabel 8a Huidige preparatiezones kernenergiecentrale Doel

Maatregel	Zone (km)
Evacuatie	4 (1 op NL grondgebied)
Jodium-profylaxe	20 (17 op NL grondgebied)
Schuilen	40 (37 op NL grondgebied)

Deze preparatiezones zullen op termijn worden aangepast als in Tabel 8b.

Tabel 8b Toekomstige preparatiezones kernenergiecentrale Doel

Maatregel	Zone (km)
Evacuatie	10 (7 km op NL grondgebied)
Schuilen	10 (7 km op NL grondgebied)
Jodium-predistributie	20 (17 km op NL grondgebied)
Jodium-distributieplan	100 (97 km op NL grondgebied)

5.1.2.3. Kerncentrale Tihange

De reactor van Tihange (3 PWR-reactoren) bij Huy in België ligt ten zuidwesten van Maastricht. De kortste afstand tot de Nederlandse grens bedraagt 38 km.

Preparatiezones Tihange

Voor kerncentrale Tihange zijn momenteel geen preparatiezones vastgesteld. Op termijn zal de preparatiezone worden ingevoerd zoals in Tabel 9 is weergegeven.

Tabel 9 Preparatiezones kernenergiecentrale Tihange

Maatregel	Zone (km)
Evacuatie	10 (volledig buiten Nederland)
Schuilen	10 (volledig buiten Nederland)
Jodium-predistributie	20 (volledig buiten Nederland)
Jodium-distributieplan	100

5.1.2.4. Kerncentrale Emsland

De reactor van Emsland in Duitsland staat op ongeveer 20 km afstand van de Nederlandse grens bij Denekamp.

Preparatiezones Emsland

Voor kerncentrale Emsland zijn de preparatiezones vastgesteld die in Tabel 10a zijn weergegeven.

Tabel 10a Huidige preparatiezones kernenergiecentrale Emsland

Maatregel	Zone (km)
Evacuatie	5 (volledig buiten Nederland)
Jodium-profylaxe	25 (5 op NL grondgebied)
Schuilen	50 (30 op NL grondgebied)

Deze preparatiezones zullen op termijn worden aangepast als in Tabel 10b.

Tabel 10b Toekomstige preparatiezones kernenergiecentrale Emsland

Maatregel	Zone (km)
Evacuatie	10 (volledig buiten Nederland)
Schuilen	10 (volledig buiten Nederland)
Jodium-predistributie	25 (5 op NL grondgebied)
Jodium-distributieplan	100 (80 op NL grondgebied)

5.1.2.5.

Kernenergiecentrales ver van de Nederlandse grens (scenario A2b)
Incidenten met kernenergiecentrales verder weg van de Nederlandse grens vormen een geringer risico voor de Nederlandse bevolking. Bij een zeer ernstig ongeval, met een wind waaiend in de richting van Nederland, bestaat het risico dat radioactief materiaal (in geringe hoeveelheden) op de bodem, in het oppervlaktewater en/of op agrarische gebieden in Nederland zou kunnen neerdalen. Maatregelen ter bescherming van de kwaliteit van voedsel, drinkwater en landbouwgrond kunnen dan nodig zijn, voor de korte of langere termijn. Dergelijke maatregelen zijn aan de orde geweest ten tijde van het ongeval in Tsjernobyl. De gebeurtenissen in Fukushima hebben laten zien dat zelfs een lozing van radioactiviteit aan de andere kant van de

wereld consequenties kan hebben voor Nederland: ten tijde van dit ongeval is in Nederland en in Europa aandacht besteed aan de controle van binnenkomende goederen die afkomstig waren uit de getroffen regio.

In Bijlage 2 is een overzicht gegeven van de operationele kernenergiecentrales binnen een afstand van 500 km van de Nederlandse landgrenzen. Het betreft in totaal 68 kernreactoren, op 31 locaties. In de IAEA-PRIS database (www.iaea.org/pris/home.aspx) zijn gegevens opgenomen over alle operationele kernenergiecentrales in de wereld.

5.1.3 *Nucleaire onderzoeksreactoren in Nederland en België (scenario A3)*

In Nederland staan drie nucleaire onderzoeksreactoren, waarvan er twee momenteel nog operationeel zijn. Daarnaast bevinden zich in Mol in België twee onderzoeksreactoren die met het oog op potentiële maatregelen relevant zijn. De (aangepaste) preparatiezones zijn afgebeeld in Figuur 3 in paragraaf 4.3.1.

5.1.3.1. Hoge Flux Reactor (HFR) op de Onderzoekslocatie Petten

De grootste onderzoeksreactor in Nederland is de Hoge Flux Reactor. Deze reactor bevindt zich op de Onderzoekslocatie Petten.

In Tabel 11a zijn de huidige maatregelzones voor de Hoge Flux Reactor weergegeven.

Tabel 11a Huidige preparatiezones voor de Hoge Flux Reactor

Maatregel	Zone (km)
Evacuatie	-
Schuilen	3
Jodium-profylaxe	2,1

Op termijn zullen preparatiezones worden ingevoerd zoals aangegeven in Tabel 11b.

Tabel 11b Toekomstige preparatiezones voor de Hoge Flux Reactor

Maatregel	Zone (km)
Evacuatie	3
Schuilen	3
Jodium-predistributie	-
Jodium-distributieplan	3

Naast de Hoge Flux Reactor worden door vergunninghouder NRG (Nuclear Research and consultancy Group) op de Onderzoekslocatie Petten diverse andere nucleaire inrichtingen geëxploiteerd. Het betreft onder meer een onderzoeksreactor (genaamd Lage Flux Reactor, type Argonaut, maximaal thermisch vermogen 30 kW_{th}), welke in 2010 buiten bedrijf is gesteld, en waarvan de ontmanteling in voorbereiding is.

Voor de volledigheid wordt hier ook genoemd dat er op deze locatie diverse laboratoria en installaties aanwezig zijn waar handelingen worden verricht met radioactieve stoffen en splijtstoffen, en dat een hoeveelheid "historisch" radioactief afval voorhanden is, waarvan de afvoer in voorbereiding is. Omdat, volgens de betreffende

veiligheidsdocumentatie, de kans op radiologische effecten buiten de locatie zeer klein is, worden deze objecten in dit document niet verder beschouwd.

- 5.1.3.2. Hoger Onderwijs Reactor Delft
De Technische Universiteit Delft is eigenaar en vergunninghouder voor de "Hoger Onderwijs Reactor" (HOR). Deze reactor bevindt zich op het terrein van de universiteit.

Preparatiezones Hoger Onderwijs Reactor

Voor de Hoger Onderwijs Reactor zijn de volgende preparatiezones vastgesteld.

Tabel 12 Preparatiezones voor de Hoger Onderwijs Reactor

Maatregel	Zone (km)
Evacuatie	-
Schuilen	0,5
Jodium-predistributie	-
Jodium-distributieplan	0,5

- 5.1.3.3. Onderzoeksreactoren Mol (België)
In de buurt van de Belgische plaats Mol is het Studiecentrum voor Kernenergie (SCK-CEN) gevestigd. Op dit complex staan verscheidene reactoren, waarvan de BR-1 en de BR-2 nog operationeel zijn.

Preparatiezones onderzoeksreactoren Mol

Voor de onderzoeksreactoren op het terrein van SCK-CEN in Mol, op 10,4 km van de Nederlandse grens, zijn momenteel geen preparatiezones vastgesteld. Op termijn zal de preparatiezone worden ingevoerd zoals in Tabel 13 is weergegeven.

Tabel 13 Preparatiezones Onderzoekscentrum SCK-CEN in Mol

Maatregel	Zone (km)
Evacuatie	-
Schuilen	10 (volledig buiten Nederland)
Jodium-predistributie	20 (waarvan 10 km binnen Nederland)
Jodium-distributieplan	-

- 5.1.4 *Nucleair aangedreven schepen (scenario A4)*
Nucleair aangedreven schepen, zoals militaire onderzeeërs, zijn categorie A-objecten. Deze schepen kunnen in het kader van internationale afspraken de havens van Rotterdam en Den Helder bezoeken. Een stralingsongeval met dergelijke schepen kan het treffen van beschermingsmaatregelen noodzakelijk maken.

Maatregelzones nucleair aangedreven schepen

Voor nucleair aangedreven schepen worden de preparatiezones gehanteerd die in Tabel 14 zijn weergegeven.

Tabel 14 Maatregelzones nucleair aangedreven schepen

Maatregel	Zone (km)
Evacuatie	< 0,1
Schuilen	0,7
Jodiumprofylaxe	0,4

5.1.5

Transportongevallen met nucleair defensiemateriaal (scenario A5)

Militaire transporten met defensiemateriaal kunnen op of boven Nederlands grondgebied plaatsvinden. Beschadiging van dergelijk materiaal kan leiden tot verspreiding van radioactieve stoffen in het milieu. Daarnaast kan defensiemateriaal voortstuwingmiddelen en/of explosief materiaal bevatten dat een extra gevaar vormt. In het geval van een stralingsongeval met defensiemateriaal kunnen beschermingsmaatregelen nodig zijn. De maatregelzones zijn in Tabel 15 weergegeven.

Tabel 15 Maatregelzones transportongeval nucleair defensiemateriaal

Maatregel	Zone
Evacuatie	Standaard veiligheidszone: 0,8 km In dit gebied wordt standaard ontruimd. Ontruiming echter alleen indien dit veilig kan (niet door pluim).
Schuilen	Er geldt een initiële schuilzone van 2 km cirkelvormig rondom de ongevalslocatie.
Jodiumprofylaxe	n.v.t.

Bijstelling van de schuilzone vindt plaats op basis van analyses van het CET-straling. Deze wordt gebaseerd op meteorologische omstandigheden (bijstelling sectoren) of metingen (schuilafstanden).

5.1.6

Het neerstorten van nucleaire satellieten (scenario A6)

Een satelliet met een radioactieve bron of splijtstof kan onbedoeld terugkeren in de atmosfeer, waarbij (delen) kunnen neerstorten op de aarde. Een dergelijk ongeval gebeurde in 1978 in Canada toen een Sovjet-satelliet, de COSMOS-954, neerstortte in Northwest Territories, en materiaal verspreidde in een gebied van 124.000 km². Een dergelijke satelliet kan ook op of dichtbij Nederlands grondgebied terechtkomen. Normaal gesproken is een dergelijk ongeval lang van te voren te voorzien.

Sommige satellieten bevatten kleine hoeveelheden radioactief materiaal (bijvoorbeeld plutonium) in de vorm van een nucleaire energiebron voor het opwekken van elektrische stroom. Typerend hierbij is dat het volume van het radioactieve materiaal zeer gering is en dat de bron uiteenspat of verbrandt bij de terugkeer in de atmosfeer. Bij het neerstorten kan het radioactieve materiaal zo over een groot gebied verspreid worden, en leiden tot besmetting.

Maatregelzones ongevallen met neerstortende satellieten

Er zijn geen zoneringen vastgesteld.

5.1.7

Moedwillige verstorende handelingen met radioactieve bronnen en stoffen (scenario A7)

Onder leiding van het IAEA is een leidraad opgesteld voor het omgaan met de (risico's en) gevolgen van moedwillige verstorende handelingen

met radioactieve bronnen of stoffen. Deze leidraad maakt onderscheid tussen zes typen handelingen:

- dreiging met een stralingsongeval;
- opzettelijke blootstelling van personen aan hoogradioactief materiaal;
- opzettelijke besmetting van een locatie;
- "vuile bom" (Radiological Dispersion Device);
- opzettelijke besmetting van voedsel of water;
- moedwillige verstoringen bij een nucleaire inrichting.

Hieronder worden de belangrijkste responsconcepten voor deze handelingen beschreven.

5.1.7.1. Dreiging met een stralingsongeval (scenario A7a)

Enkel een dreiging met een stralingsongeval veroorzaakt op zichzelf geen direct gezondheidsrisico. Wel kan het tot indirecte gezondheidsrisico's leiden, bijvoorbeeld als gevolg van verkeersongevallen bij paniek onder de bevolking, of tot maatschappelijke verstoring.

Directe maatregelen zijn hierbij niet van toepassing. Wel is heldere communicatie richting het publiek van belang.

5.1.7.2. Opzettelijke blootstelling van personen aan hoogradioactief materiaal (scenario A7b)

Het gaat hier om het opzettelijk plaatsen van één of meerdere stralingsbronnen in een (publieke) ruimte of locatie, als gevolg waarvan personen aan ioniserende straling worden blootgesteld. Afhankelijk van de gebruikte bronnen kunnen de doses in korte tijd aanzienlijk zijn. Naast blootstelling van personen kan een dergelijk scenario ook leiden tot economische schade en maatschappelijke onrust. Mogelijke gevolgen zijn:

- Blootstelling aan straling van personen, die later moeilijk zijn te traceren.
- Onrust of paniek onder leden van de bevolking die weliswaar niet zijn blootgesteld, maar vrezen te zijn blootgesteld of besmet.
- Het vermijden van (openbare) gebieden en gelegenheden uit angst dat andere radioactieve bronnen aanwezig kunnen zijn.
- Overbelasting van het medische-zorgsysteem door mensen die (denken te) zijn blootgesteld, en die (psychosomatische) symptomen hebben die overeenkomen met symptomen die gerelateerd kunnen zijn aan blootstelling.

Afhankelijk van de mate en de aard (besmetting of externe bestraling) van de blootstelling zal per geval worden bekeken welke directe, indirecte en/of overige maatregelen nodig zijn.

5.1.7.3. Opzettelijke besmetting van een locatie (scenario A7c)

In dit scenario is een gebouw of een (stedelijk) gebied opzettelijk besmet met radioactiviteit, met de intentie de toegang tot die locatie te verhinderen of mensen te besmetten. De gevolgen hiervan hangen af van de activiteit, de gebruikte nucliden en de chemische en fysische eigenschappen van de gebruikte verbinding, en kunnen mogelijk betrekking hebben op externe bestraling en uitwendige en/of inwendige besmetting van personen.

Afhankelijk van de mate van besmetting zal per geval moeten worden bekeken welke directe, indirecte en/of overige maatregelen nodig zijn. De effectiviteit van decontaminatiemaatregelen zijn afhankelijk van nuclide en verbinding. Ook communicatie en voorlichting zijn van belang in dit scenario.

5.1.7.4. Vuile bom (scenario A7d)

Een vuile bom (in het Engels Radiological Dispersion Device, RPD) is een conventioneel explosief dat is gecombineerd met radioactief materiaal, met als oogmerk verspreiding van radioactief materiaal. Onmiddellijk na de explosie raakt de directe omgeving besmet, met mogelijk lokale "hot spots" met een verhoogd dosistempo. In de periode daarna kan een deel van de besmetting zich via de atmosfeer verder verspreiden over een groter gebied. De verspreiding is afhankelijk van de weersomstandigheden en de mate van bebouwing, maar ook kunnen bijvoorbeeld verkeersbewegingen bijdragen aan de verspreiding van radioactiviteit. Dat laatste betekent dat (spontane) evacuatiestromen kunnen leiden tot (verdere) verspreiding van radioactiviteit.

Maatregelzones vuile bom

In het *NPK Responsplan* is een werkgebied en een aandachtsgebied gedefinieerd voor dit scenario. Het werkgebied, waarbuiten zich bovenwinds de opstellijs voor hulpverleningsdiensten bevindt, heeft initieel een straal van 400 m. Dit gebied wordt afgezet en er gelden toegangsbeperkingen. Het lijkt operationeel gezien haast ondoenlijk om dit gebied volledig te evacueren, vooral als dit betekent dat iedereen die dit gebied verlaat op besmetting gecontroleerd moet worden. Waar mogelijk zou daarom een schuilzone gedefinieerd kunnen worden, en mensen zouden zich (op vrijwillige basis) op een later moment kunnen laten onderzoeken op besmetting.

Er is een aandachtsgebied benedenwinds van 2 km waar de wolk radioactief materiaal is gepasseerd. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de windrichting in een stedelijke omgeving moeilijk is vast te stellen vanwege dichte bebouwing en dat de modellering van luchtverspreiding aanzienlijk complexer is dan en verschilt van die in een landelijke omgeving.

De hulpverlening dient snel na de explosie een gebied af te zetten om verdere blootstelling van de bevolking te beperken. Zonering die ten behoeve van deze hulpverlening is vastgesteld, is in Tabel 16 weergegeven.

Tabel 16 Maatregelzones vuile bom

Zone	Veiligheidsafstand
Brongebied	100 m, uitbreiding mogelijk tot gebied met omgevingsdosistempo > 10 mSv/h
Werkgebied	400 m, uitbreiding mogelijk tot gebied met omgevingsdosistempo > 100 µSv/h
Aandachtsgebied	2000 m benedenwinds

Omdat de maatschappelijke onrust bij dit type moedwillige handelingen groot kan zijn, zijn zorgvuldige communicatie en voorlichting van groot belang. In een later stadium zal, afhankelijk van de (mate van) besmetting, moeten worden bekeken welke decontaminatie-maatregelen mogelijk zijn.

- 5.1.7.5. Opzettelijke besmetting van voedsel of water (scenario A7e)
Een besmetting van drinkwater en voedsel met radioactiviteit kan leiden tot zorgen bij de bevolking over veiligheid van het drinkwater en het voedsel. De belangrijkste gevolgen van dit type opzettelijke handelingen zijn van psychosociale en economische aard.
- 5.1.7.6. Moedwillige versturende handelingen bij een nucleaire inrichting (scenario A7f)
Een bijzonder scenario is sabotage door kwaadwillenden, wat bijvoorbeeld bij een nucleaire inrichting mogelijk zou kunnen leiden tot een stralingsongeval. Wat betreft de respons bij dergelijke incidenten zijn de "normale" rampbestrijdingplannen van toepassing.

5.2 Ongevalsscenario's met B-objecten

5.2.1 Installatie voor uraniumverrijking (scenario B1)

De Uranium Enrichment Corporation (URENCO) Nederland, locatie Almelo, verrijkt uranium ten behoeve van het gebruik in civiele kernenergiereactoren. Het betreft hier geen splijtingsproces en daardoor zijn incidenten met nucleaire kettingreacties die zouden kunnen leiden tot lozing van grote hoeveelheden radioactief materiaal onwaarschijnlijk. In de ernstigste te voorziene ongevalssituatie zou de locatie zelf besmet kunnen worden, waarbij een significant verhoogde blootstelling beperkt blijft tot de medewerkers.

In het geval van brand kan uraniumhexafluoride (UF₆) in het milieu vrijkomen. Dit materiaal is gevaarlijker vanuit chemisch-toxisch oogpunt dan vanuit radiologisch oogpunt. De waarschijnlijkheid dat zich een ongeval voordoet, waarbij op radiologische gronden maatregelen als evacuatie of schuilen moeten worden genomen, wordt als zeer gering beschouwd. Er zijn daarom op dit moment ook geen preparatiezones vastgesteld ten behoeve van de bescherming van de bevolking.

5.2.2 Verzameling, verwerking en opslag van radioactief afval (scenario B2)

De Centrale Organisatie voor Radioactief Afval (COVRA) in Vliessingen is als enige instantie in Nederland bevoegd om radioactief afval te conditioneren en op te slaan. Op basis van de veiligheidsstudies wordt de kans klein geacht dat een ongeval bij het verwerken en opslaan van radioactief materiaal belangrijke radiologische effecten buiten de site

heeft die maatregelen noodzakelijk maken. De COVRA is daarom als categorie B-object geclassificeerd.

5.2.3

Overige inrichtingen met nucleair of radioactief materiaal (scenario B3)

Verscheidene inrichtingen in Nederland maken gebruik van radioactieve bronnen, bijvoorbeeld voor de besturing van industriële processen, onderzoek, therapie of diagnostiek. Daarnaast vinden handelingen plaats met radioactieve stoffen en splijtstofhoudende materialen in verschillende installaties op de Onderzoekslocatie Petten. Ook de stilgelegde kernenergiecentrale Dodewaard wordt onder de overige inrichtingen gerangschikt. Na buitenbedrijfstelling van deze centrale in 1997 is in de jaren daarna alle splijtstof afgevoerd en in 2005 een zogenoemde "veilige insluiting" gerealiseerd voor een periode van veertig jaar. De radiologische inventaris is daarmee beperkt tot de besmette en geactiveerde delen van de centrale.

Het meest voor de hand liggende ongevalsscenario bij bovengenoemde inrichtingen is een brand waarbij radioactief materiaal beschadigd raakt en kan worden verspreid door de rookpluim van de brand, of door de verspreiding van besmet bluswater. Een voorbeeld van een incident met radioactief materiaal is een brand in een loods met rookmelders in Wijk bij Duurstede in 2003.

Voor al deze gevallen wordt op basis van analyses (zoals in [16] aangenomen dat het nemen van directe maatregelen zoals evacuatie, schuilen of het verstrekken van jodiumprofylaxe aan de bevolking, niet noodzakelijk is. Voor wat betreft de bescherming van hulpverleners geldt dat standaard beschermingsmaatregelen naar verwachting voldoende bescherming zullen geven. Te denken valt daarbij aan adembescherming en speciale kleding voor de eerste bestrijdingsactiviteiten door bijvoorbeeld de brandweer. Dit brengt mogelijk wel het risico met zich mee op onjuiste of verwarrende beeldvorming bij de bevolking, wanneer geconstateerd wordt dat maatregelen voor de bevolking niet nodig worden geacht, maar tegelijkertijd hulpverleners wel speciale, beschermende kleding moeten dragen. Hiermee zal bij het geven van voorlichting rekening gehouden moeten worden.

Afhankelijk van het precieze verloop van het incident kan het noodzakelijk zijn om landbouwmaatregelen te nemen om besmettingen in de voedselketen te voorkomen.

Maatregelzones ongevallen met overige inrichtingen met nucleair of radioactief materiaal

In *Maatgevende scenario's voor ongevallen met categorie B-objecten* [16] zijn de belangrijkste (generieke) zoneringen bepaald voor ongevallen met B-objecten. Als maatscenario is een ongeval gekozen tijdens het transport van technetium-generatoren, waarbij een brand optreedt.

Het gebied waarin het dosistempo – op basis van het maatscenario – meer dan 2000 $\mu\text{Sv/h}$ bedraagt, is te benaderen met een cirkel rondom het object met een straal van 12 m. De Brandweer hanteert een cirkelvormig gevareng gebied met een straal van 25 m [16], [8], dat kan worden uitgebreid tot het gebied waar een dosistempo van meer dan

2000 $\mu\text{Sv/h}$ wordt gemeten. Het werkgebied is eveneens cirkelvormig en strekt zich uit tot een afstand van circa 100 m en kan worden uitgebreid tot het gebied waar een dosistempo van meer dan 25 $\mu\text{Sv/h}$ wordt gemeten.

Het gebied buiten het werkgebied, tot circa 500 m benedenwinds van de ongevalslocatie, wordt aandachtsgebied genoemd: de Brandweer bepaalt de contouren van dit gebied met de zogeheten "startmal".

Tabel 17 Maatregelzones ongevallen overige B-objecten

Maatregel	Zone (m)
Gevareng gebied	25
Werkgebied	100
Aandachtsgebied	circa 500

Bovenstaande afstanden zijn de standaarden die in eerste instantie uit voorzorg worden gehanteerd. Met behulp van metingen kunnen ten tijde van een ongeval ter plekke de precieze contouren worden bepaald. Voor de praktische uitwerking wordt verwezen naar het Radiologisch Handboek Hulpverleningsdiensten [8], of de opvolger hiervan, het document Stralingsincidenten Veiligheidsregio's.

5.2.4 *Ongevallen bij het vervoer van radioactieve stoffen of bronnen en (bestraalde) splijtstoffen (scenario B4)*

Dagelijks worden radioactieve materialen vervoerd over Nederlands grondgebied. Het betreft hier voor het leeuwendeel wegtransport van kleine hoeveelheden radiofarmaca. Daarnaast vinden jaarlijks diverse vervoersbewegingen plaats met (hoogactieve) radioactieve bronnen, die worden gebruikt voor industriële radiografie.

De potentiële gevolgen van transportongevallen met radioactief materiaal zullen naar verwachting beperkt zijn tot lokale besmettingen. Dit komt doordat de hoeveelheden radioactief materiaal relatief klein zijn en/of dusdanig goed verpakt dat zij niet eenvoudig verspreid kunnen raken. Personen die zich bij dergelijke ongevallen zeer dicht bij de bron bevinden, kunnen echter worden blootgesteld aan straling en daardoor een te hoge dosis oplopen. Daarnaast kunnen bronnen vermist raken of ontvreemd worden door derden.

Incidenteel vindt transport plaats van bestraalde splijtstoffen of hoogactief opwerkingsafval. Deze hoogactieve radioactieve stoffen worden altijd vervoerd in speciale, beschermende verpakkingen, die bestand zijn tegen grote schokken en thermische belasting. Met het oog op de zeer geringe kans op het vrijkomen van radioactiviteit is besloten om ongevallen met dit type transporten niet verder te beschouwen.

Maatregelzones transportongevallen

De zoneringen voor transportongevallen zijn dezelfde als voor ongevallen met overige B-objecten: zie Tabel 18.

Tabel 18 Maatregelzones transportongevallen

Maatregel	Zone (m)
Brongebied	25
Werkgebied	100
Aandachtsgebied	circa 500

5.2.5 *Het aantreffen van radioactieve (zoekgeraakte) bronnen of besmetting (scenario B5)*

Het kan voorkomen dat radioactief materiaal vermist raakt als gevolg van verlies of diefstal. In het verleden hebben zich incidenten voorgedaan waarbij hoogactieve bronnen, die uit de verpakingscontainer waren gehaald of gevallen, zoek zijn geraakt, dan wel werden weggenomen door nietsvermoedende personen. Het zonder bescherming omgaan met of het beschadigen van (hoog)radioactieve bronnen kan (substantiële) gezondheidsrisico's opleveren of zelfs fatale gevolgen hebben.

Er zijn geen standaardmaatregelen vastgesteld voor dit scenario. In het geval dat een radioactieve bron onverwacht wordt aangetroffen, is het op afstand houden van onbeschermden personen tot de bron een belangrijke maatregel. Immers, het dosistempo ten gevolge van externe bestraling neemt kwadratisch af met de afstand tot de bron.

Overigens geldt bij het aantreffen van een onbeheerde bron op grond van artikel 33 van de Kernenergiewet voor eenieder de verplichting dit onverwijld te melden bij de autoriteiten.

Bijlage 1 Begrippen

Aandachtsgebied (alleen van toepassing op incidenten met B-objecten)

Het aandachtsgebied is het benedenwindse deel van de omgeving dat door de vrijgekomen radioactieve stoffen ten gevolge van brand besmet is of dreigt te worden. Na het ongeval is in het aandachtsgebied controle op besmetting wenselijk. Bij B-objecten gebruikt men de "startmal" brand om tot een indicatie van de grootte van het aandachtsgebied te komen. De precieze contouren van het bron-, het werk- en het aandachtsgebied worden later bepaald met behulp van metingen.

A-objecten

A-objecten zijn in artikel 38, onder c, van de Kernenergiewet gedefinieerd als:

- 1°. *een inrichting als bedoeld in artikel 15, onder b, met uitzondering van een inrichting waarin uitsluitend splijtstoffen worden opgeslagen of verwerkt, alsmede een inrichting voor uraniumverrijking,*
- 2°. *een ruimtevaartuig of een vervoermiddel met een uitrusting als bedoeld in artikel 15, onder c,*
- 3°. *inrichtingen als bedoeld in artikel 15, onder b, uitrustingen als bedoeld in artikel 15, onder c, alsmede inrichtingen of vervoermiddelen waarin of waarmee handelingen worden verricht als bedoeld in artikel 15, onder a, met betrekking tot splijtstoffen of ertsen voor zover bestemd voor of in gebruik bij de Nederlandse krijgsmacht of bij de krijgsmacht van een bondgenootschappelijke mogendheid, of*
- 4°. *een met een object als bedoeld onder 1° tot en met 3° en onder (artikel 38 Kew onderdeel) d vergelijkbaar object buiten Nederland;*

Onder inrichtingen bedoeld in artikel 15, onder b, van de Kernenergiewet wordt verstaan de nucleaire inrichtingen. Onder inrichtingen bedoeld in artikel 15, onder c, van de Kernenergiewet wordt verstaan een nucleair voortgedreven vaartuig of voertuig.

B-objecten

B-objecten zijn in artikel 38, onder d, van de Kernenergiewet gedefinieerd als:

- 1°. *een inrichting voor uraniumverrijking,*
- 2°. *een inrichting waarin uitsluitend splijtstoffen of radioactieve stoffen worden opgeslagen of verwerkt,*
- 3°. *een inrichting waarin radioactieve stoffen kunnen worden bereid of toegepast,*
- 4°. *een inrichting waarin zich toestellen bevinden,*
- 5°. *een vervoermiddel waarin zich splijtstoffen of ertsen bevinden, of*
- 6°. *een vervoermiddel waarin zich radioactieve stoffen of toestellen bevinden;*

Boiling Water Reactor (BWR) of kokend water reactor

In dit type kernenergiecentrale wordt water (H₂O) als neutronenmoderator gebruikt. Een deel van het water wordt – in

tegenstelling tot de PWR – al in de reactor in stoom omgezet, die direct naar de turbine wordt geleid.

Brongebied (alleen van toepassing op incidenten met B-objecten)

Het gebied waar alles zich bevindt wat gerelateerd is aan de directe ongevalbestrijding. In het bijzonder bevinden zich daar het betrokken object (de “bron” van het incident) en het “werkveld” van de hulpverleningsdiensten.

Voor B-objecten wordt standaard een cirkel met een straal van 25 m rond de bron aangehouden als grens voor het brongebied. Indien dit noodzakelijk wordt geacht, wordt dit gebied uitgebreid tot het gebied waar het dosistempo hoger is dan 2000 $\mu\text{Sv/h}$.

Bronterm

Beschrijving van de samenstelling en de hoeveelheid radioactieve stoffen die in een bepaald scenario vrijkomen in het milieu. Voor scenario's met ernstige reactorongevallen bevat de bronterm ook informatie over de wijze van vrijkomen en het tijdsverloop.

Bronterminformatie bestaat daarmee in ieder geval uit de betrokken nuclide(n) en de activiteit van de nuclide(n). Daarnaast is mogelijk informatie beschikbaar over het aanvangstijdstip en de duur van de lozing, en over de fysische aspecten van de lozing, zoals hoogte en energie-inhoud.

Het begrip bronterm kan in beginsel worden toegepast op alle soorten stralingsongevallen. Bij elk scenario is in beginsel dan ook een schatting van de bronterm of vergelijkbare gegevens vermeld.

BWR

Zie Boiling Water Reactor.

CET-straling

Het Crisis Expert Team straling (CET-straling) is een netwerk van kennisinstituten dat rapporteert en adviseert over de radiologische gezondheidkundige consequenties van (dreigende) kernongevallen en andere stralingsincidenten.

Directe maatregelen

Directe maatregelen zijn gericht op reductie van de directe blootstelling van de mens aan radioactieve stoffen en straling, bijvoorbeeld vanuit een radioactieve wolk. Voorbeelden zijn schuilen, evacueren en jodiumprofylaxe. Jodiumprofylaxe is het innemen van niet-radioactief jodium om de schildklier te beschermen tegen het opnemen van radioactief jodium. De uitvoering van deze maatregelen is complex en de maatregelen moeten goed gecoördineerd worden. Om deze reden is de voorbereiding van directe maatregelen in de regionale NPK rampbestrijdingsplannen vastgelegd.

Drukwaterreactor

Zie Pressurised Water Reactor.

Eenheid Planning en Advies nucleair (EPAn)

De Eenheid Planning en Advies nucleair (EPAn) is een nationaal kennis- en advies netwerk, dat bij besluit van de Minister van VROM van 14

maart 2005, nr. VI/CM20050113779 is ingesteld, en die tot taak heeft om *'bij een ongeval of bij dreiging van een ongeval bestuursorganen op verzoek of uit eigen beweging te adviseren over:*

- *haalbare maatregelen die moeten worden getroffen ter bescherming van mensen, milieu en economie;*
- *de actuele en de te verwachten situatie ten aanzien van het verloop van het ongeval;*
- *het vergaren van extra informatie of het uitvoeren van aanvullende metingen die naast bestaande metingen noodzakelijk zijn met het oog op de bewaking van de volksgezondheid, het milieu of de economie en de nauwkeurigheid, betrouwbaarheid, de plaatsen en de frequentie van deze metingen en informatie;*
- *adequate voorlichting aan andere bestuursorganen of bevolking;*
- *al hetgeen overigens wenselijk is met het oog op de bescherming van mensen, milieu en economie.'*

De EPAn bestaat uit een *Front Office*, een back-office, en het Crisis Expert team straling (CET-straling) Het CET-straling is ondergebracht bij het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Bij incidenten met B-objecten is er geen Front Office en rapporteert het CET-straling rechtstreeks aan de Veiligheidsregio.

Externe bestraling

Het lichaam wordt van buiten bestraald door (een) radioactieve bron(nen) of stof(fen). Van belang hierbij is met name de doordringende (gamma of neutronen)straling.

Gas Cooled Reactor (GCR)

In het Verenigd Koninkrijk zijn de meeste reactoren van het type GCR. Hierbij wordt grafiet als neutronenmoderator gebruikt en CO₂-gas als koelmiddel.

GCR

Zie Gas Cooled Reactor.

Indirecte maatregelen

Indirecte maatregelen zijn gericht op de niet-directe blootstellingspaden van een lozing van radioactieve stoffen, bijvoorbeeld door het eten van besmet voedsel. Voorbeelden van indirecte maatregelen zijn landbouwmaatregelen om besmetting van de voedselketen te voorkomen. Indirecte maatregelen kunnen zowel direct na een ongeval (of dreiging) als op langere termijn afgekondigd en uitgevoerd worden.

Interventieniveau

Een interventieniveau is een vastgestelde (range van) dosiswaarde(n) waarboven overwogen moet worden maatregelen te treffen om de bevolking te beschermen.

Inventaris

Met de inventaris wordt bedoeld op een beschrijving van de radioactiviteit (aantal en typen nucliden) die aanwezig is in het object dat betrokken is bij het incident, en die als gevolg van het incident mogelijk kan worden verspreid.

Voor een kernreactor wordt de inventaris vrijwel geheel bepaald door de activiteit in de splijtstofstaven in de reactor zelf of in de bijbehorende

splijtstofopslagfaciliteit. Deze is onder meer afhankelijk van de ouderdom van de splijtstofstaven en de tijd dat deze in de reactor zijn bestraald. Meestal zijn deze gegevens niet bekend en moeten er aannames worden gemaakt.

Bij elk scenario is, waar mogelijk, een schatting van de inventaris vermeld of er zijn vergelijkbare gegevens vermeld.

Inwendige besmetting

Hierbij gaat het om inhalatie, het opeten, opdrinken of op een andere wijze binnenkrijgen van radioactieve deeltjes die vervolgens binnen in het lichaam schade kunnen aanrichten.

Kokend water reactor

Zie Boiling Water Reactor

Maatgevend scenario

Voor diverse mogelijke incidenten is een maatgevend scenario (ook wel: maatscenario of maatramp) opgesteld. Het maatgevend scenario is een karakteristiek scenario dat bij oefeningen en trainingen wordt gebruikt om er een optimale respons op het incident op te kunnen baseren. Het gaat hierbij niet om de maximaal mogelijke gevolgen van een incident, maar om een grootteorde die een vertrekpunt biedt voor concrete voorbereidingen door de hulpverleningsorganisaties.

De preparatiezones voor een bepaald object zijn bepaald op basis van het maatgevend scenario. Dit geldt ook voor de standaardomvang van het brongebied en het werkgebied bij incidenten met transportscenario's en andere stralingsongevallen.

Maatramp

Zie maatgevend scenario

Maatregelzone

Een maatregelzone is een gebied waarbinnen ten tijde van een stralingsongeval een bepaalde beschermingsmaatregel moet worden overwogen, zoals evacuatie, jodiumprofylaxe of schuilen. Met behulp van verspreidings- en dosisberekeningen kan worden bepaald waar interventieniveaus voor bepaalde maatregelen (zullen) worden overschreden. Deze gebieden vormen dan de maatregelzones.

Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten (NCS)

In het Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten (NCS) staat op hoofdlijnen hoe Nederland is voorbereid op een kernongeval. Ook staat er wie verantwoordelijk is in geval van een crisis, en in actie moet komen. Het NCS vormt de basis voor een gecoördineerde inzet van de verschillende bestuurslagen en uitvoerende diensten ten tijde van een ongeval, en voor meer praktische plannen en handboeken, zoals het *NPK Responsplan* en de regionale NPK rampbestrijdingplannen. Het NCS is in 2014 vastgesteld door de Minister van Economische Zaken, als opvolger van het Nationaal Plan Kernongevallenbestrijding, dat in 1989 werd vastgesteld na de ramp in Tsjernobyl.

Operational intervention levels

Operational Intervention Levels (OILs) zijn dosistemponiveaus waarboven operationele diensten na een stralingsongeval overgaan tot een maatregel of een actie.

Preparatiezone

Een preparatiezone is een gebied waarbinnen (in de meeste gevallen door de Veiligheidsregio's) voorbereidingen worden getroffen voor het uitvoeren van één of meerdere beschermingsmaatregelen. Deze gebieden of zones zijn vooraf bepaald, bijvoorbeeld met behulp van verspreidingsmodellen, op basis van een maatgevend scenario. Het treffen van voorbereidingen gebeurt dus vóórdat er sprake is van een (dreigend) stralingsongeval. Voor scenario's waarbij van tevoren niet duidelijk is waar deze zullen plaatsvinden, zoals stralingsongevallen tijdens het transport van radioactief materiaal, kunnen geen preparatiezones worden vastgesteld.

Pressurized Water Reactor (PWR) of drukwaterreactor

In dit type kernenergiecentrale wordt water (H₂O) als koelmiddel en neutronenmoderator gebruikt. Het water wordt onder hoge druk rondgepompt door het primaire circuit, waar het de warmte die vrijkomt bij kernsplijting in de reactor afvoert naar een stoomgenerator. Handhaving van de hoge druk in het primaire circuit is noodzakelijk om te voorkomen dat het water gaat koken.

PWR

Zie Pressurized Water Reactor

Source Term Category (STC)

Bij een aantal objecten (waaronder kernreactoren) zijn scenario's denkbaar waarbij lozing van aanzienlijke hoeveelheden radioactiviteit naar de buitenlucht plaatsvindt. Het is gebruikelijk om voor dergelijke lozingsscenario's een categorie-indeling te hanteren. Deze categorieën worden "*Source Term Categories*" (STC's) genoemd. Op basis van de bronterminformatie kunnen (groepen van) scenario's worden ingedeeld in deze categorieën.

Stralingsongeval (of stralingsincident)

Onder stralingsongevallen worden alle ongevallen verstaan waarbij er – vanwege risico's op blootstelling van de bevolking aan ioniserende straling – reden is om de EPAn te activeren. Daaronder vallen bijvoorbeeld ook incidenten met radioactief of nucleair materiaal met een "moedwillig" motief. De begrippen "stralingsongeval" en "stralingsincident" worden doorgaans door elkaar gebruikt.

Uitwendige besmetting (van de huid of andere oppervlakken)

Radioactieve deeltjes komen terecht op de huid (of de kleding) waardoor de huid wordt bestraald, met mogelijk weefselschade tot gevolg. Een bijkomend probleem hierbij is dat de radioactieve deeltjes verder verspreid kunnen worden door de besmette persoon, waardoor ook andere personen kunnen worden besmet.

Werkgebied

Binnen het werkgebied zijn procedurele maatregelen aan de orde. Voor de inzet is het advies van de adviseur gevaarlijke stoffen noodzakelijk en wordt meetapparatuur gebruikt om de veiligheid te kunnen waarborgen. Voor B-objecten wordt een maximale afstand van 100 m rond de bron aangehouden als grens voor het werkgebied.

Bijlage 2 Overzicht buitenlandse operationele
kernenergiecentrales binnen (ongeveer) 500 km van de
Nederlandse grens

Land	Kerncentrale	Kernreactor	Type	Vermogen (MWe)	Afstand tot NL (km)
<i>België</i>	Doel	Doel-1	PWR	433	4
		Doel-2	PWR	433	4
		Doel-3	PWR	1006	4
		Doel-4	PWR	1039	4
	Tihange	Tihange-1	PWR	962	38
		Tihange-2	PWR	1008	38
		Tihange-3	PWR	1046	38
<i>Duitsland</i>	Brokdorf	Brokdorf	PWR	1410	156
	Emsland	Emsland	PWR	1329	20
	Grafenrheinfeld	Grafenrheinfeld	PWR	1275	307
	Grohnde	Grohnde	PWR	1360	162
	Gundremmingen	Gundremmingen-B	BWR	1284	402
		Gundremmingen-C	BWR	1288	402
	Isar	Isar	PWR	1410	512
	Neckarwestheim	Neckarwestheim	PWR	1310	296
	Philippsburg	Philippsburg	PWR	1402	242
<i>Frankrijk</i>	Belleville	Belleville-1	PWR	1310	415
		Belleville-2	PWR	1310	415
	Cattenom	Cattenom-1	PWR	1300	150
		Cattenom-2	PWR	1300	150
		Cattenom-3	PWR	1300	150
		Cattenom-4	PWR	1300	150
		Cattenom-5	PWR	1300	150
	Chinon	Chinon-B-1	PWR	905	507
		Chinon-B-2	PWR	905	507
		Chinon-B-3	PWR	905	507
		Chinon-B-4	PWR	905	507
	Chooz	Chooz-B-1	PWR	1500	98
		Chooz-B-2	PWR	1500	98
	Dampierre	Dampierre-1	PWR	890	407
		Dampierre-2	PWR	890	407
		Dampierre-3	PWR	890	407
		Dampierre-4	PWR	890	407
	Fessenheim	Fessenheim-1	PWR	880	338
		Fessenheim-2	PWR	880	338
	Flamanville	Flamanville-1	PWR	1330	422
		Flamanville-2	PWR	1330	422
	Gravelines	Gravelines-1	PWR	910	93
		Gravelines-2	PWR	910	93
		Gravelines-3	PWR	910	93
		Gravelines-4	PWR	910	93
		Gravelines-5	PWR	910	93
		Gravelines-6	PWR	910	93
	Nogent	Nogent-1	PWR	1310	294
		Nogent-2	PWR	1310	294

	Paluel	Paluel-1	PWR	1330	250
		Paluel-2	PWR	1330	250
		Paluel-3	PWR	1330	250
		Paluel-4	PWR	1330	250
	Penly	Penly-1	PWR	1330	210
		Penly-2	PWR	1330	21
	St Laurent	St Laurent-B-1	PWR	915	415
		St Laurent-B-2	PWR	915	415
<i>Verenigd Koninkrijk</i>	Dungeness	Dungeness-B1	GCR	520	174
		Dungeness-B2	GCR	520	174
	Hartlepool	Hartlepool-A1	GCR	595	424
		Hartlepool-A2	GCR	595	424
	Heysham	Heysham-A1	GCR	585	508
		Heysham-A2	GCR	575	508
		Heysham-B1	GCR	620	508
		Heysham-B2	GCR	620	508
	Hinkley Point	Hinkley Point-B1	GCR	435	453
		Hinkley Point-B2	GCR	435	453
	Sizewell	Sizewell-B	PWR	1188	145
<i>Zwitserland</i>	Beznau	Beznau-1	PWR	365	391
		Beznau-2	PWR	365	391
	Goesgen	Goesgen	PWR	970	402
	Leibstadt	Leibstadt	BWR	1190	384
	Muehleberg	Muehleberg	BWR	373	433

Bijlage 3 Literatuur

- 1 *Responsplan Nationaal Plan Kernongevallen, versie 3.0*, ministerie van Infrastructuur en Milieu, 9 september 2011
- 2 Kernenergiewet artikel 38a, eerste lid, en artikel 40, eerste lid
- 3 *Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten*, Bijlage bij brief van de minister van Economische Zaken aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal, 25 422, nr. 117, 2014
- 4 *Nationaal Plan Kernongevallen*, Bijlage bij brief van de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal, 21 015, nrs. 1-3, 1989
- 5 *Communicatieplan stralingsongevallen*, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. 2011
- 6 *Rampbestrijdingsplan nucleaire installaties*, Veiligheidsregio Zeeland & Veiligheidsregio Midden- en West-Brabant, versie 1.1 (26 februari 2015)
- 7 *Rampenbestrijdingsplan Onderzoeks- en bedrijvenlocatie Petten*, Veiligheidsregio Noord-Holland Noord, 2007
- 8 *Radiologisch Handboek Hulpverleningsdiensten*, RIVM, NRG en Erasmus MC, 2010
- 9 *Leidraad Kernongevallenbestrijding*, bijlage bij brief van de minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) en de staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal over het projectprogramma Revitalisatie Nationaal Plan voor de Kernongevallen-bestrijding (RNPK), Vergaderjaar 2004-2005, 21015-14, 8 april 2005.' 2005
- 10 R.C.G.M Smetsers, *Risicoschatting en -management bij radiologische en nucleaire incidenten: Risico en risicomangement in Nederland*, Kluwer, ISBN 9789013100112, 2011
- 11 Brief van de Minister van Economische Zaken aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal, 32 645, nr. 60, 2 juli 2014.
- 12 S. Bader, *Nederlandse Interventieniveaus bij Kernongevallen*, RIVM Rapport 610790012, 2010
- 13 Bijlage bij brief van de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal, 21483, nr 1, 19 maart 1990
- 14 Besluit van 16 juli 2001, houdende vaststelling van het Besluit stralingsbescherming, laatstelijk gewijzigd op 1 januari 2014
- 15 *Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency (IAEA-GSG-2)*, IAEA, 2011
- 16 N.B. Verhoef, J.F.A. van Hienen, *Maatgevende scenario's voor ongevallen met categorie B-objecten*, NRG, rapportnummer 910871/03.53121/C, 11 maart 2004

Erratum bij rapport 2015-0046 "Technische basisinformatie stralingsongevallenbestrijding"

Datum: 23 augustus 2016

Fout: In tabel 2 op pagina 25 staan bij "Babyvoeding", "Minder belangrijke levensmiddelen", "Andere behalve minder belangrijke levensmiddelen", en "Diervoeding" de eenheid "(Bq/g)" terwijl dat moet zijn "(Bq/kg)".

Voor akkoord, 23 augustus 2016

A.S. Hassoldt
Hoofd centrum Veiligheid



.....

M. van der Schaaf | S. Bader

.....

RIVM rapport 2015-0046

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

augustus 2015

De zorg voor morgen begint vandaag