

**Commissie  
Integraal  
Waterbeheer**

**Meetplannen voor nucleaire ongevallen en routine metingen**

**Commissie  
Integraal  
Waterbeheer**

**Meetplannen voor nucleaire ongevallen en routine metingen**

**Februari 2004**

**Auteurs : J. M. van Steenwijk, RIZA  
P.J.R. de Vries, Unie van Waterschappen  
C. Engeler, RIZA**

## **Rapport van de CIW subwerkgroep: Meetplan voor radioactiviteit in het kader van het Nationaal Plan Kernongevallenbestrijding (NPK).**

---

### Leden werkgroep

---

P.J.R. de Vries	Unie van Waterschappen (voorzitter)
J.M. van Steenwijk	RIZA (secretaris)
Mw. H. Koskamp- Kielich /Mw. G. Mensonides	Waterschap Velt en Vecht
A.R. G. de Smet	Waterschap Zeeuws-Vlaanderen
F.J.B. Kroes / P.M.H. Tamerus	Waterschap Roer en Overmaas
P.J. van der Wee	Hoogheemraadschap van Rijnland
P. Hulsebos	RWS Hoofdkantoor (DCC)
M. Klop / J.P..Bustraan	RWS DZL

---

## **Gebruikte afkortingen**

CIW	Commissie Integraal Waterbeheer
DCC	Departementaal Coördinatie Centrum
NPK	Nationaal Plan Kernongevallenbestrijding
NVN	Nederlandse Voornorm
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
LCC	Lokaal Coördinatie Centrum
RD	Regionale Directie (van rijkswaterstaat)
RIKILT	Rijkskwaliteitsinstituut voor Land en Tuinbouwproducten
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
RIZA	Rijksinstituut voor Integraal Zoet waterbeheer en Afvalwaterzuivering.
RWS	Rijkswaterstaat
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie

## Inhoudsopgave

Samenvatting.....	6
1. Inleiding .....	7
2. Meetnetten voor radioactiviteit .....	8
2.1. Doel van de meetnetten .....	8
2.2. Verschillen tussen routine- en calamiteitenmeetnet.....	8
3. Het calamiteitenmeetnet.....	10
3.1. Categorieën van ongevallen .....	10
3.2. De locaties van het calamiteitenmeetnet .....	11
3.3. Procedure bij een categorie A ongeval.....	16
3.4. Procedure bij een categorie B ongeval.....	17
3.5. Monsterneming en laboratoriumprocedures (bij routine en calamiteit).....	19
4. Het routinemeetnet .....	21
4.1. De locaties van het routinemeetnet .....	21
4.2. Procedure bij routinemeetnet .....	21
5. Maatregelen in het waterbeheer tijdens de bestrijdingsfase van een calamiteit.....	24
6. Overige aspecten van nucleaire ongevallen .....	27
6.1. Opleiding en training.....	27
6.2. Kennis en informatie delen .....	27
7. Literatuur.....	28
Bijlage 1. Overzicht meetpunten.....	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Bijlage 2. De internationale nucleaire gebeurtenisschaal.....	41
Bijlage 3. Normen voor stralingshygiëne.....	45
Bijlage 4. Belangrijke telefoonnummers voor advies bij ongevallen .....	48
Bijlage 5. Relevante begrippen stralingshygiëne en overzicht nucliden bij emissies.....	49
Bijlage 6. Voorbeeld van een ongeval met radioactieve stoffen.....	56

## Samenvatting

In oktober 2001 heeft de toenmalige CIW opdracht gegeven voor het opstellen van een calamiteitenmeetnet voor radionucliden in het kader van het Nationaal Plan Kernongevallen bestrijding (NPK). Tevens zou daarmee invulling gegeven moeten worden aan de recente aanpassing van de Waterstaatswet 1900 in de zin dat waterkwaliteitsbeheerders rampenplannen moeten hebben en onderhouden. In dat kader is het noodzakelijk om ook bij een kernongeval, waar ook in Europa, te beschikken over een calamiteitenmeetnet.

In dit rapport zijn de procedures beschreven voor de activering van een radioactiviteitsmeetnet, monsterneming en analyse in oppervlaktewater en zuiveringsslib. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen een vrijwillig routinemeetnet en een in het kader van de waterstaatswet verplicht calamiteitenmeetnet. Tevens is aandacht besteed aan de informatievoorziening en de mogelijke maatregelen tijdens de bestrijdingsfase van een nucleair ongeval. In een aantal bijlagen is achtergrond informatie gegeven over de gebeurtenisschaal van nucleaire ongevallen, de stralingsnormen, een voorbeeld van een kernongeval en de afwikkeling daarvan.

Het routinemeetnet is eenvoudig van opzet (weinig locaties en lage meetfrequentie). Het voorziet in een toestandbeschrijving onder normale omstandigheden. Daarnaast levert het bij een calamiteit de benodigde achtergrond gegevens voor risicoanalyse. Ook houdt het routinemeetnet de benodigde infrastructuur van de logistiek rond monsterneming en informatie uitwisseling in stand. De kennis nodig voor de interpretatie van de resultaten blijft hierdoor bij de waterbeheerder op peil.

Voorliggend rapport voorziet in de behoefte aan duidelijkheid over procedures tijdens nucleaire ongevallen en geeft een indicatie van de mogelijke maatregelen.

## 1. Inleiding

Tjernobyl heeft ons geleerd dat een calamiteit met een nucleaire installatie naast de ernstige effecten voor de directe omgeving ook grensoverschrijdende gevolgen kan hebben. Met name de verspreiding door de atmosfeer en de depositie van radionucliden is daarbij een bron van zorg. Om de risico's van dergelijke ongevallen goed in te kunnen schatten heeft de Rijksoverheid een uitgebreid meetnet opgezet. Voor de atmosfeer heeft het Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu (RIVM) een meetnet dat continue meet. Tijdens een nucleair ongeval wordt door het Instituut voor Voedselveiligheid (RIKILT) een meetnet voor landbouwproducten geactiveerd. In de rijkswateren worden radionucliden gemeten in het meetnet van rijkswaterstaat. Dit meetnet wordt ook bemonsterd bij een nucleair ongeval. In de regionale wateren is, anticiperend op het verschijnen van dit rapport reeds door diverse waterschappen onderzoek naar nucliden verricht (Engeler 2003). Zowel een landsdekkend calamiteitenmeetnet als een routinemeetnet voor regionale wateren ontbreken tot nu toe.

Om hieraan invulling te geven is in 2001 door CIW een subwerkgroep radioactiviteitsmeetnet ingesteld. De taakopdracht van de werkgroep omvat het opzetten van een calamiteitenmeetnet. Hiermee wordt invulling gegeven aan een regionaal meetnet dat benut kan worden tijdens een kernongeval zodat wordt voldaan aan de recente aanpassing van de Waterstaatswet 1900. In de Waterstaatswet is wettelijk verankert dat de waterbeheerder dient te beschikken over calamiteitenplannen, hetgeen ook voor radioactiviteit geldt [anonymus 1900].

Naast het hebben van een calamiteitenmeetnet is het wenselijk dat de waterbeheerders ook over een routinemeetnet beschikken om een beeld van de natuurlijke achtergrondgehalten van radioactiviteit en eventuele verhogingen daarvan te verkrijgen. Regionale waterkwaliteitbeheerders zijn gevraagd om meetpunten voor een calamiteiten- en routinemeetnet aan te leveren voor de compartimenten water, waterbodems en zuiveringsslib. De meetpunten van de afzonderlijke waterbeheerders zijn samengevoegd tot een landsdekkend calamiteitenmeetnet radioactiviteit. Aangezien een radioactieve besmetting zich zowel via de lucht (depositie) als ook direct via het oppervlaktewater kan verspreiden is er naast een meetnet voor oppervlaktewater en waterbodems, ook een meetnet voor zuiveringsslib opgezet. Radioactiviteit kan immers via depositie en afspoeling naar het riool in de zuivering terechtkomen en zich aan het slib hechten.

Afhankelijk van de aard en omvang van een kernongeval en de meteorologische omstandigheden kan een deel of het totaal aantal locaties worden bemonsterd. Dit rapport gaat in op de verschillende calamiteiten en de daarbij te volgen procedures waaronder monsterneming, transport en analyse. In enkele bijlagen wordt nadere achtergrondinformatie gegeven.

## **2. Meetnetten voor radioactiviteit**

### **2.1. Doel van de meetnetten**

#### Doel calamiteitenmeetnet

Doel van het calamiteitenmeetnet tijdens kernongevallen is het krijgen van inzicht in de belasting van oppervlaktewater met radioactiviteit. De meetresultaten worden gebruikt voor het adviseren over en de uitvoering van maatregelen met het oog op het beperken van de vervolgschade. Kernongevallen kunnen zowel lokaal en gering van omvang zijn maar zich ook als een grootschalige ramp voordoen. De Kernenergiewet en het Nationaal Plan Kernongevallenbestrijding (NPK) onderscheiden dan ook twee categorieën: omvang van Nationaal belang (categorie A) en een lokaal ongeval (categorie B). Zie hiervoor tabel 1 en paragraaf 3.2.

#### Doel routinemeetnet

Om de kwaliteit van het watersysteem vast te kunnen stellen worden door een aantal waterbeheerders radioactiviteitparameters in oppervlaktewater en waterbodems onderzocht. De resultaten kunnen getoetst worden aan de normen zoals vastgelegd in de vierde Nota waterhuishouding [NW4] (bijlage 3). Tevens wordt op deze manier inzicht gegeven in achtergrondwaarden en referentie niveaus bij calamiteiten.

Op locaties waar mogelijk verhoogde gehalten van nucliden in het oppervlaktewater of het zuiveringsslib kunnen optreden zoals nabij ertsverwerkende industrie, laboratoria en ziekenhuizen waar met radioactiviteit wordt gewerkt kan een routinemeetnet een vinger aan de pols functie hebben. Het routinemeetnet levert daarnaast informatie over achtergrondwaarden die bij een eventuele calamiteit als referentie gebruikt kunnen worden. Het spreekt voor zich dat bij een calamiteit de procedures, contacten en infrastructuur van het routinemeetnet optimaal gebruikt kunnen worden.

### **2.2. Verschillen tussen routine- en calamiteitenmeetnet**

Er zijn grote verschillen in doel, inrichting en procedures tussen het routinemeetnet en het calamiteitenmeetnet. Vooruitlopend op de meer gedetailleerde beschrijving in de navolgende hoofdstukken worden de belangrijkste verschillen samengevat in tabel 1.



**Tabel 1 Verschillen tussen routine-en calamiteitenmeetnet.**

	Routinemeetnet	Calamiteitenmeetnet
<b>Doel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vaststellen achtergrondwaarden.</li> <li>- toetsing aan NW4 normen.</li> <li>- opsporen mogelijk verhoogde gehalten.</li> <li>- is infrastructuur voor calamiteiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vaststellen van de risico's</li> <li>- basisgegevens voor de onderbouwing van maatregelen</li> <li>- publieksvoorlichting</li> </ul>
<b>Opdrachtgever</b>	Waterbeheerder	Rijk
<b>Melding</b>	niet van toepassing	categorie A: veelal Rijk categorie B: lokale politie/brandweer
<b>Verantwoordelijkheid afhandeling</b>	Waterbeheerder	Categorie A : Rijk Categorie B: Burgemeester/ Waterbeheerder
<b>Kosten</b>	Waterbeheerder	Categorie A: Rijk Categorie B: Waterbeheerder
<b>Locaties</b>	aansluitend bij bestaand meetnet: <ul style="list-style-type: none"> <li>- representatief voor stroomgebied</li> <li>- locatie met mogelijk verhoogde activiteiten</li> <li>- een representatieve RWZI</li> </ul>	aansluitend bij bestaand meetnet: <ul style="list-style-type: none"> <li>- grensoverschrijdende punten</li> <li>- representatief voor stroomgebied</li> <li>- representatief voor vitale functies: drinkwater, recreatie, beregening landbouw en drenking van vee</li> <li>optioneel: proces/koelwater industrie</li> </ul>
<b>Aantal locaties</b>	beperkt aantal: 2 tot 5 locaties per beheersgebied.	zoveel als nodig (en haalbaar) is. indicatie: 3 (gering ongeval) en 10 (ernstig ongeval) per waterbeheerder.
<b>Compartiment</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sediment (1 liter)</li> <li>- zuiveringsslib (1 liter)</li> <li>- desgewenst water (5 liter)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- oppervlaktewater (2 liter)</li> <li>- zuiveringsslib en sediment (1 liter)</li> </ul>
<b>Frequentie per monsterpunt</b>	1 maal per jaar tot 1 maal per drie jaar.	afhankelijk van de ernst van het ongeval. Wordt bepaald door Rijk. indicatie: afbouwende frequentie van: <ul style="list-style-type: none"> <li>- oppervlaktewater hoogstens 1 maal per dag</li> <li>- sediment/zuiveringsslib éénmalig tot enkele malen per maand.</li> </ul>
<b>Aanvang metingen</b>	niet tijd gebonden	op verzoek van het Rijk (A) of in overleg met Rijk (B): <ul style="list-style-type: none"> <li>- oppervlaktewater: (uren) na depositie (A) / ongeval (B)</li> <li>- sediment: (dagen) na depositie (A)</li> <li>- zuiveringsslib (dgn) na depositie (A)</li> </ul>
<b>Parameters</b>	Somparameters: Totaal $\alpha$ , totaal (en rest) $\beta$ Bijverhoogde gehalten: individuele isotopen (Gammaspectroscopie)	Naast totaal $\alpha$ , totaal (en rest) $\beta$ Gamma spectroscopie voor relevante isotopen (zoals jodium en cesium)

### 3. Het calamiteitenmeetnet

De regionale waterbeheerders hebben voor hun beheersgebied meetpunten voor een nationaal calamiteitenmeetnet en het routinemeetnet voorgedragen. Ook in de rijkswateren zijn meetpunten voor calamiteiten. Voordat het calamiteiten meetnet wordt beschreven wordt een indeling van kernongevallen gegeven. Deze categorisering is van belang voor de verdere afhandeling van een calamiteit. Enkele aspecten van de afhandeling zijn de verantwoordelijkheden en de prioritering van locaties.

#### 3.1. Categorieën van ongevallen

Bij een grootschalig nucleair ongeval wordt het meetnet door het Rijk geactiveerd. Toch zijn er ook situaties denkbaar die lokaal van aard zijn. In dat geval ligt de verantwoordelijkheid voor het initiëren van metingen in het oppervlaktewater bij de waterbeheerder. Er is dus sprake van een tweetal categorieën van ongevallen, elk met eigen bevoegdheden taken en procedures. Deze verschillen zijn vastgelegd in het Nationaal Plan Kernongevallenbestrijding [NPK]. Deze categorieën zijn:

**Categorie A** (beleidsverantwoordelijkheid ligt bij het Rijk):

Ernstige ongevallen met kerncentrales (in Nederland of in het buitenland) en ongevallen met nucleair aangedreven schepen, satellieten en militair materieel.

**Categorie B** (burgermeester van de betrokken gemeente is verantwoordelijk):

Ongeval tijdens transport van nucleair materiaal (afval, nucleaire geneeskunde)  
Ongeval bij opslag van nucleair afval. Ongeval in laboratoria of bij uraniumverrijking.  
Ongeval waarbij besmet bluswater in het oppervlaktewater komt.

Ter informatie is in bijlage 2 de internationale schaal voor nucleaire gebeurtenissen weergegeven. De schaal nummers 5 tot en met 7 vallen onder categorie A. De beschreven voorbeelden zijn illustratief voor wat men bij een kernongeval kan verwachten.

Het landelijk calamiteitenmeetnet wordt tijdens een nucleair categorie A ongeval ingezet om gegevens te krijgen over de omvang en de intensiteit van de besmetting. De resultaten van de metingen dienen als basis voor de overheid om maatregelen te treffen. Gedacht kan worden aan het verbod van gebruik van oppervlaktewater voor de bereiding van drinkwater, het verbod op beregening van landbouwgewassen en preventieve maatregelen voor visserij en recreatie. Daarnaast kan, afhankelijk van de situatie, gedacht worden aan het al of niet versneld afvoeren van besmet water. De meetgegevens zijn ook de basis voor de voorlichting aan het publiek.

Bij een categorie B ongeval kan men, voor informatie en advies, gebruik maken van de infrastructuur binnen het Rijk voor het afhandelen van de categorie A ongevallen.

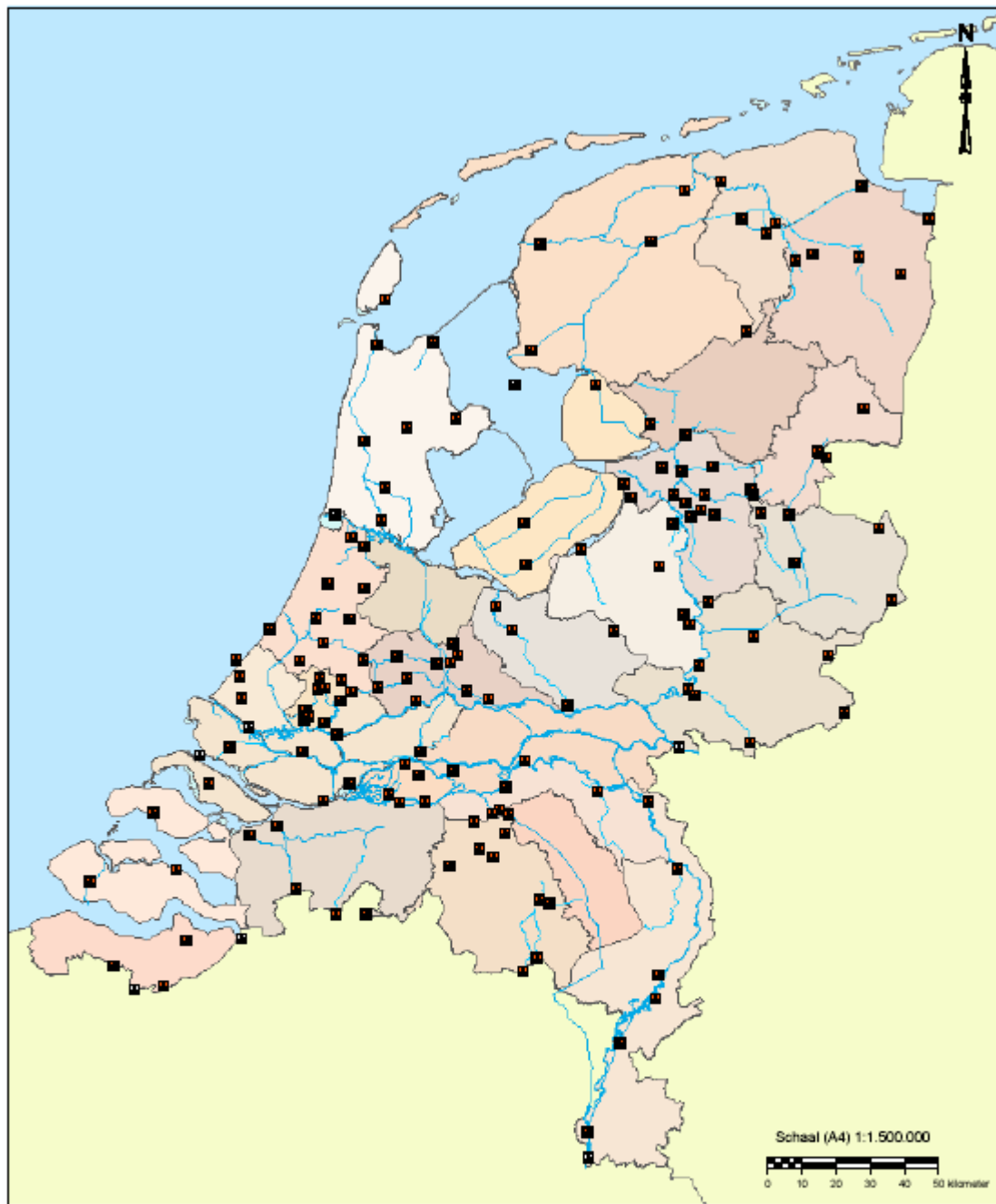
### **3.2. De locaties van het calamiteitenmeetnet**

De waterkwaliteitsbeheerders hebben hun meetpunten geselecteerd op basis van de volgende criteria:

- Het meetpunt moet representatief zijn voor het stroomgebied
- De locatie is van vitaal belang voor drinkwaterbereiding, water voor de landbouw en recreatie
- Het meetpunt ligt in grensoverschrijdende wateren

Voor RWZI's (zuiveringsslib) is gevraagd om locaties voor te dragen waarop veel verhard oppervlak is aangesloten.

De locaties van zowel de regionale beheerders als van rijkswaterstaat zijn in bijgaande figuren 1 tot en met 3 (dichte meetnet en minder dicht) weergegeven. In bijlage 1 (tabel 1) zijn alle locaties beschreven. In figuur 4 en tabel 2 van bijlage 1 zijn de te bemonsteren RWZI's weergegeven.



<h3>Calamiteiten meetnet hoge dichtheid voor oppervlaktewater</h3>		Datum: 22 december 2003 Samensteller: Elke Verbeeten Bron: ws2003.shp; rwtzain_sub.shp; vaarwegvlakken.arc; X,Y coördinaten meetnet Project: Crisismanagement DCC Bestand: DCC_HogeDichtheid.mxd
<b>Legenda</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ meetstation</li> <li>▣ RWS meetstation</li> <li>🗺️ waterschappen (div. kleuren)</li> </ul>		<b>Ministerie van Verkeer en Waterstaat</b> Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterverwerking RIZA

Figuur 1. Calamiteitenmeetnet oppervlaktewater Hoge dichtheid



### Calamiteiten meetnet lage dichtheid voor oppervlaktewater

#### Legenda

- meetstation
- RWS meetstation
- 🗺️ waterschappen (div. kleuren)

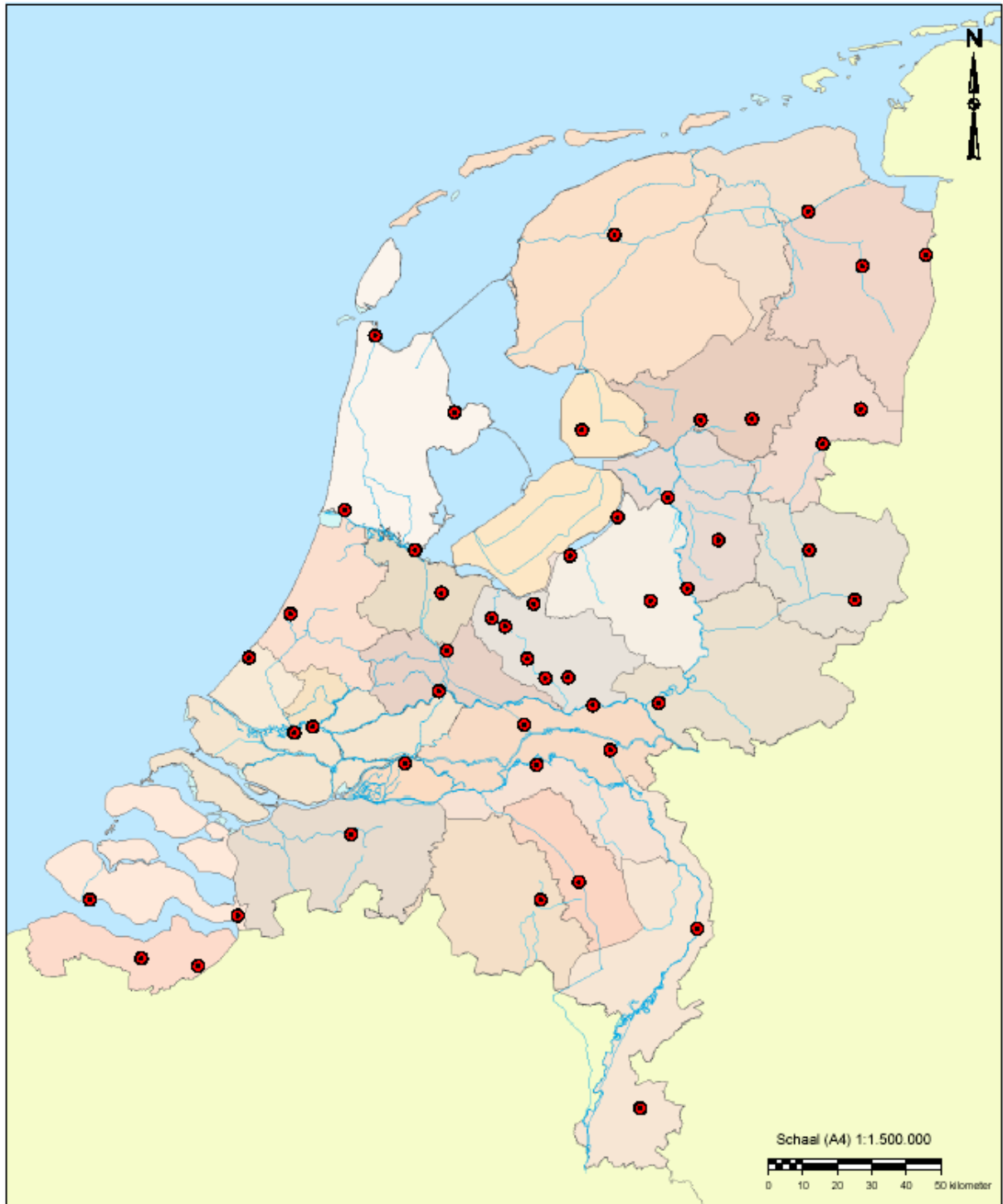
Datum: 22 december 2003  
 Samensteller: Elke Verbeeten  
 Bron: ws2003.shp; rwtzain\_sub.shp; vaarwegdata.arc  
 Project: Crisismanagement DCC  
 Bestand: DCC\_LageDichtheid.rxd




**Ministerie van Verkeer en Waterstaat**  
 Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat  
 Rijksinstituut voor Integraal  
 Zoetwaterbeheer en  
 Afvalwaterverwerking  
 RIZA

Figuur 2. Calamiteitenmeetnet Oppervlaktewater lage dichtheid



Figuur 3. Calamiteitenmeetnet waterbodem



<h3>Bij calamiteit te bemonsteren RWZI's</h3>	
<p><b>Legenda</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> waterschappen (div. kleuren)</li> <li> te bemonsteren RWZI</li> </ul>	<p>Datum: 7 januari 2004          Samensteller: Elike Verbeeten          Bron: ws2003.shp; rwtizaln_sub.shp; vaarwegvakken.arc; X,Y-coördinaten RWZI's (© CBS)          Project: Crisismanagement DCC          Referentie: 20040002</p>
	<p><b>Ministerie van Verkeer en Waterstaat</b>          Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat          Rijksinstituut voor Integraal Zoelwaterbeheer en Afvalwaterverwerking          RIZA</p> 

Figuur 4. Calamiteitenmeetnet van RWZI's.

### 3.3. Procedure bij een categorie A ongeval

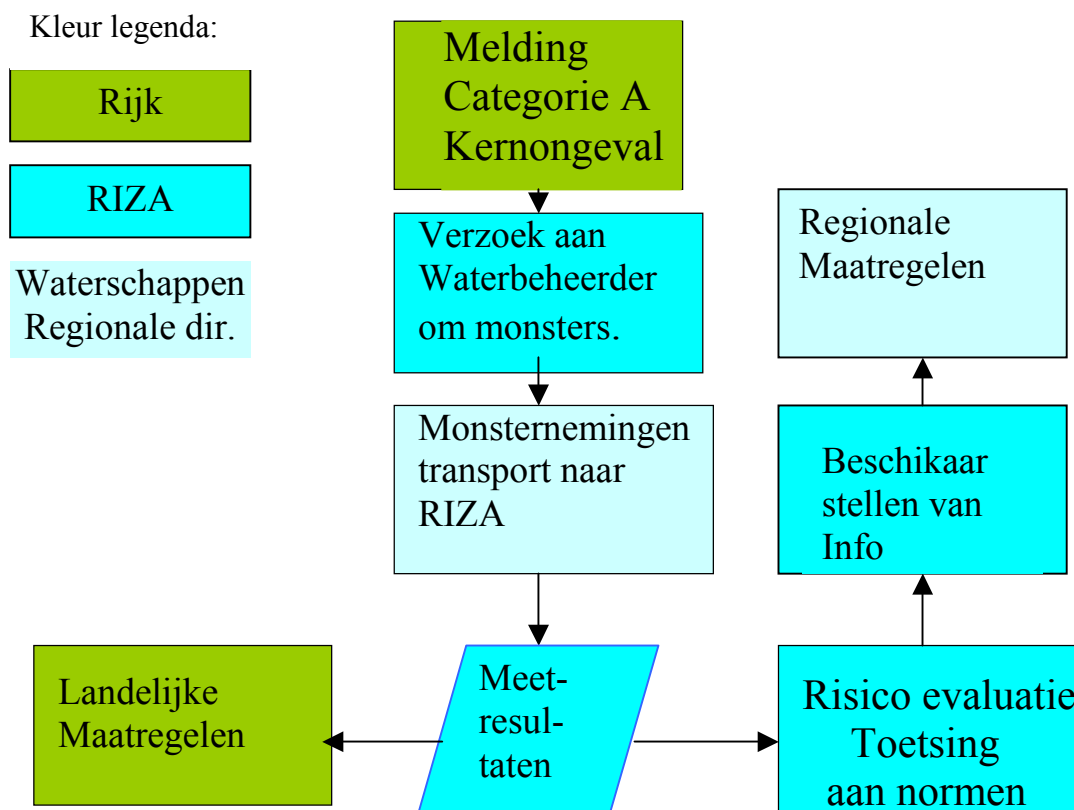
Bij een categorie A ongeval kunnen grote delen van Nederland door depositie besmet raken. Bij een dergelijk ongeval ligt de coördinatie van de bemonstering en analyse van oppervlaktewater en (zuiverings)slib bij het Rijk. Het RIZA zal de waterschappen (en de meetdienst van RWS) verzoeken om locaties van het calamiteitenmeetnet te bemonsteren. De waterbeheerders en de meetdienst van Rijkswaterstaat leveren monsters aan bij het RIZA laboratorium. De resultaten van de metingen worden ter beschikking gesteld aan de waterschappen en door het Rijk gebruikt om inzicht te krijgen in de verspreiding en intensiteit van de radioactiviteit en de daaraan verbonden risico's voor de mens en het ecosysteem. Op basis van die gegevens kunnen maatregelen worden onderbouwd (zie figuur 5).

#### *Activering calamiteitenmeetnet*

Na een bedrijfsongeval in een kerncentrale zal pas na het falen van de veiligheidsprocedures en voorzieningen emissie naar de atmosfeer of oppervlaktewater kunnen optreden (bijlage 2 geeft een internationale schaal voor een overzicht van mogelijke ongevallen). Afhankelijk van de verspreiding door de atmosfeer en de eventuele neerslag zullen er risico's voor watersystemen ontstaan. Het Rijk activeert het meetnet op basis van de informatie die binnen komt bij een calamiteit. Die informatie kan komen van een buitenlandse of binnenlandse melding of van het RIVM (luchtmeetnet) dan wel het RIZA (waterkwaliteitsbewaking in Rijn en Maas).

Om te kunnen bepalen welke locaties met hoge prioriteit bemonsterd moeten worden is het nodig om de verspreiding van de radioactiviteit in de atmosfeer en oppervlaktewater te voorspellen. Hiertoe worden gegevens van het KNMI, RIVM en het RIZA gebruikt. Het automatisch luchtmeetnet van het RIVM geeft een eerste indicatie van de neerslag. Bemonstering van het oppervlaktewater heeft pas zin nadat neerslag heeft plaatsgevonden. De meetpunten van de regionale waterkwaliteitsbeheerders zijn verdeeld in meetpunten die deel uitmaken van een dicht en een minder dicht meetnet. Bij een gelijkmatige relatief lage besmettingsgraad, zoals verwacht kan worden bij atmosferische depositie die zijn oorsprong heeft in een ver weg gelegen ongeval, worden alleen de locaties van het minder dichte meetnet (drie per beheerder) bemonsterd om een algemeen beeld van de verspreiding over Nederland te krijgen. Bij een ernstig, meer nabij gelegen bron van besmetting worden alle monsterpunten (binnen een straal van 30 km van het kernongeval) bemonsterd. Dit is het dichte meetnet. Buiten die 30 kilometerstraal wordt, afhankelijk van de meteorologische omstandigheden, het lage dichtheid meetnet geactiveerd. In de eerste dagen na de depositie heeft bemonstering van waterbodems en zuiverings-slib geen hoge prioriteit want het vergt een aantal dagen voordat radionucliden zich hierin ophopen [Baardwijk et al.1987]. Na enkele dagen kunnen waterschappen en regionale directies door het Rijk verzocht worden sediment en of zuiverings-slib te bemonsteren.





Figuur 5. Informatiestroom bij een categorie A ongeval

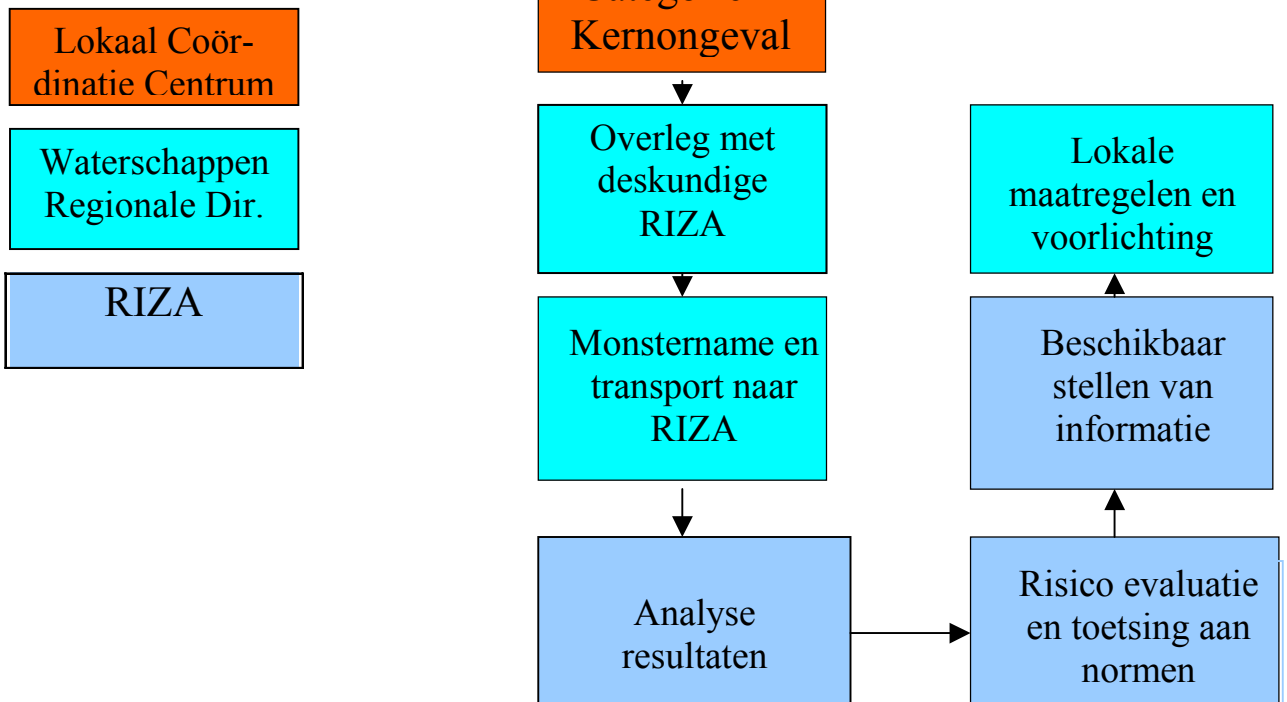
#### *Kosten bij een categorie A ongeval*

De inspanning van monsterneming van het calamiteitenmeetnet alsmede het inleveren van de monsters bij het RIZA laboratorium zijn voor rekening van de waterkwaliteitsbeheerder. De kosten van de analyses van de op verzoek van het Rijk (RIZA) genomen monsters zijn voor rekening van het Rijk.

### **3.4. Procedure bij een categorie B ongeval**

Veelal zal de melding van een categorie B ongeval via de politie (ongeval transport) of brandweer bij de waterbeheerders binnenkomen (in het schema aangeduid als lokaal crisis centrum: LCC). De waterbeheerder zal zich richten op het in kaart brengen van de lokale besmetting van het oppervlaktewater. De brandweer zal met stralingsdosimeter een globale indruk kunnen geven over het directe gevaar (ondermeer voor de monsternemer).

Kleur legenda



Figuur 6. Informatiestroom bij een categorie B ongeval

#### *Activering categorie B ongeval*

Bij lokale incidenten is het calamiteitenmeetnet niet toereikend en moeten er lokale monsterpunten gekozen worden. De monsterneming op of in de nabijheid van het ongeval kan op eigen initiatief of in overleg met het RIZA plaatsvinden (de stralingsdeskundige, en het radiologisch laboratorium RIZA).

Het RIZA kan adviseren over het aantal te nemen monsters en het te bemonsteren compartiment. Daarnaast kan zij mede op basis daarvan een eerste globale risicoschatting van de gevolgen van de straling voor hulpverleners en monsternemers geven. Ook kan de waterbeheerder ook de Inspectie Volksgezondheid om advies vragen. Voor een goede risicoschatting en adequate maatregelen om verspreiding te voorkomen zijn naast kennis van de lokale hydrologische situatie en gebruiksfuncties ook radioactiviteitsmetingen aan water en waterbodem nodig. In bijlage 4 zijn de belangrijke telefoonnummers voor advies bij nucleaire calamiteiten opgenomen.

#### *Kosten bij een categorie B ongeval*

De kosten die voortvloeien uit monsterneming, transport en analyse bij een lokaal ongeval zijn voor rekening van de waterbeheerder. Mogelijk zijn deze kosten te verhalen op de veroorzaker van het ongeval.

### 3.5. Monsterneming en laboratoriumprocedures (bij routine en calamiteit)

#### *Wijze van bemonsteren van water*

De bemonstering voor analyses van radioactiviteit is vergelijkbaar met die van andere anorganische parameters. Bij een calamiteit is per locatie in principe **2 liter water in polyethyleenflessen** voldoende. Mede omdat de monsters met spoed in behandeling worden genomen en door de aard van de parameter (straling) is conservering niet nodig (NVN 5625). Bij voorkeur dienen de monsters wel donker en koel bewaard te worden.

Voor routinemetingen (lagere achtergrondwaarden) is bij een analysepakket voor water (totaal-alfa, totaal-beta, tritium en kalium-40) 5 liter water in polyethyleenflessen. Bij toegevoegde analyses van Ra-226 en Sr-90 en gamma nucliden is 10 liter water nodig.

#### *Wijze van bemonsteren van sediment en slibmonsters*

Bij de bemonstering van sediment geldt voor de analyses van het gehele pakket aan parameters, dat een **1 liter glazen pot met nat sediment of zuiveringsslib** voldoende is. Het bemonsteren van de bovenste 10 cm van de waterbodem is relevant voor het verkrijgen van een beeld van de natuurlijke achtergrondwaarde waaraan het water(bodem)leven is blootgesteld. Ook isotopen die door atmosferische depositie in de waterbodem terechtkomen zullen door bioturbatie niet dieper dan 10 cm verspreid worden.

Bij monsterneming bij categorie A of B ongevallen verdient het aanbeveling om beschermende kleding (handschoenen) te dragen (zie ook bijlage 5).

#### *Parameterkeuze*

Bij sediment- of slibmetingen wordt, na vriesdrogen van het monster, de gamma activiteit vastgesteld met gammaspectrometrie gevolgd door een analyse van de totaal-alfa en totaal-beta activiteit. Als daar aanleiding voor is kunnen specifieke alfa en /of beta nucliden worden geanalyseerd. Dit zal altijd in overleg met de opdrachtgever gebeuren.

Bij meting in oppervlaktewater voor het routinemeetnet wordt totaal-alfa, rest-beta (totaal-beta minus K-40 activiteit) en tritium gemeten. Bij overschrijding van de onderzoekswaarden die ontleend zijn aan drinkwater (totaal-alfa 0,5 Bq/l en totaal-beta 5 Bq/l) moet er verder onderzoek plaats vinden naar specifieke nucliden. Daartoe wordt een gammaspectrometrie analyse uitgevoerd en afhankelijk van de uitkomsten eventueel aangevuld met specifieke analyses.

#### *Procedures in het laboratorium bij categorie A en B ongeval*

Alle binnenkomende monsters worden bij ontvangst met een besmettingsdetector gecontroleerd op gamma/beta straling. Hiermee wordt zowel een dosisequivalenttempo ( $\mu\text{Sv/h}$ ) als een totale activiteit (Bq) vastgesteld. Hierdoor is er direct een eerste indicatie over de hoeveelheid aanwezige radioactiviteit (gamma).

### Watermonsters

Als eerste worden de monsters gemeten met gammaspectrometrie waarbij de activiteit van gammastraling wordt vastgesteld. Bij overschrijding van de interventiewaarden is in eerste instantie geen verdere analyse nodig. Van een beperkt aantal monsters wordt de totaal-alfa, totaal-beta en tritium activiteit gemeten om ook van deze parameters een indicatie van de stralingsniveaus te verkrijgen.

Liggen de gemeten waarden van de radioactiviteit (gamma nucliden) onder de interventiewaarden maar duidelijk hoger dan de natuurlijke achtergrondwaarden (of de NW-4 waarden) dan zullen de monsters zo snel mogelijk op totaal-alfa, totaal-beta en tritium geanalyseerd worden (binnen 2 uur). Bij verhoogde totaal-alfa en/of totaal-beta activiteit kan worden besloten om enkele monsters op specifieke alfa en/of beta nucliden te analyseren. Doordat de methoden bewerkelijk zijn zullen specifieke gegevens niet snel beschikbaar zijn (circa 48 uur). In de nazorgfase zoekt het RIZA verder uit welke nucliden er zijn vrijgekomen. Bijlage 3 geeft een overzicht van de verschillende normen.

### Waterbodem en zuiveringsslib monsters

Als eerste wordt een gammascreening van het natte monster uitgevoerd om een indicatie te krijgen van niveaus van aanwezige gammastraling. Bij meetwaarden beneden de interventieniveaus worden de monsters voorbehandeld. Onder dezelfde voorwaarde als genoemd bij de meting van watermonsters worden ook totaal-alfa en totaal-beta gemeten.

## **4. Het routinemeetnet**

Eind 2001 begin 2002 is aan de regionale waterbeheerders verzocht om voor hun beheersgebied monsterpunten voor een nationaal calamiteitenmeetnet en een routinemeetnet voor radioactiviteit voor te dragen.

### **4.1. De locaties van het routinemeetnet**

Om inzicht te krijgen in de achtergrondgehalte van radioactiviteit en gelet op de binding van radionucliden aan zuiveringsslib en waterbodems zijn de waterbeheerders verzocht om voor het meetnet een aantal waterbodemplacaties en RWZI's voor te dragen waar het zuiveringsslib van bemonsterd zou kunnen worden. Oppervlaktewater heeft door het te verwachte lage gehalte aan radioactiviteit een lagere prioriteit voor het routinemeetnet.

#### *Selectiecriteria voor achtergrond waarden*

Bij selectie van monsterpunten voor het routinemeetnet is de beheerders verzocht een beperkt aantal monsterpunten aan te leveren die representatief zijn voor het watersysteem en aansluiten op de (hoofd)meetpunten van het bestaande meetnet. Bij zuiveringsslib gaat de voorkeur uit naar een RWZI met een groot verhard afwateringsgebied. Desgewenst kan een waterkwaliteitsbeheerder ook oppervlaktewatermonsters laten onderzoeken.

#### *Selectiecriteria voor mogelijk verhoogde gehalten*

Voor de selectie van monsterpunten waar men mogelijk verhoogde gehalten zou kunnen verwachten indien een "ongelukje" plaats vindt heeft de waterbeheerder locaties nabij mogelijke bronnen van radioactiviteit (ertsverwerkende industrieën, kerncentrales, onderzoeksinstellingen) voorgedragen. Ook zuiveringsslib van RWZI's met potentiële lozers van radio-isotopen (ziekenhuizen) vallen hier onder.

De door de beheerders opgegeven locaties van het routinemeetnet alsmede de routine monsterpunten van Rijkswaterstaat zijn weergegeven in figuur 7 en in bijlage 1. De voor bemonstering opgegeven RWZI's zijn weergegeven in bijlage 1 tabel 2.

### **4.2. Procedure bij routinemeetnet**

Als de waterbeheerder in zijn meetplan radioactiviteitparameters opneemt zal hij zorg moeten dragen voor het nemen van monsters, de opslag, het transport en de analyse. Bij de analyse moet men zich realiseren dat de detectie van afzonderlijke isotopen specialistische apparatuur vraagt en de nodige kennis om de gegevens te interpreteren. Het ligt niet voor de hand dat de regionale waterbeheerders deze apparatuur en kennis zelf in huis zouden moeten hebben. De analyses kunnen veelal worden uitbesteed aan derden (zoals het RIZA).



### Routine meetnet waterbodem

#### Legenda

- meetstation
- 🗺️ waterschappen (div. kleuren)

Datum: 22 december 2003  
 Samensteller: Elsje Verbeeten  
 Bron: ws2003.shp, nwtzain\_sub.shp,  
 waarwegvakken.arc,  
 X,Y coördinaten meetnet  
 Project: Crisismanagement DCC  
 Bestand: DCC\_Routine.mxd

**Ministerie van Verkeer en Waterstaat**  
 Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat  
 Rijksinstituut voor Integraal  
 Zoetwaterbeheer en  
 Afvalwaterverwerking  
 RIZA



Figuur 7. Routinemeetnet waterbodems

Voor routine metingen van sediment en zuiveringsslib is een meetfrequentie van eens per jaar tot eens per drie jaar voldoende.

Op basis van gegevens van een eerste meetronde kan de waterbeheerder het routine programma evalueren en eventueel aanpassen. Het RIZA kan hierbij adviseren.

### *Monsterneming*

Voor radioactiviteitparameters zijn geen speciale methoden of conservering nodig. Bemonstering van waterbodems dient zich op de toplaag (de bovenste 10 cm) te richten. Voor het laboratorium is een glazen pot met 1 kg natte waterbodem of zuiveringsslib voldoende. Indien de waterbeheerder oppervlaktewater monsters wil laten analyseren is, gezien te verwachten lage achtergrond, 5 liter water in polyethyleen flessen gewenst. Dit is voldoende voor totaal alfa, totaal beta, tritium en Kalium-40. Wil men extra parameters in water zoals Ra-226 en Sr-90 dan is een extra hoeveelheid van 5 liter nodig (totaal 10 liter).

Tabel 2a. Overzicht van kosten van parameterpakketten in water, prijspeil 2004.

nr Parameter(pakket)	Kosten
1. Totaal-alfa	€ 120,00
2. Totaal-bèta (en Rest-bèta)	€ 90,00
3. Kalium (voor berekening Rest-bèta)	€ 15,00
4. Tritium	€ 67,50
5. Ra-226	€ 450,00
6. Sr-89 en Sr-90	€ 900,00
7. Gamma nucliden	€ 90,00
8. Combinatie van 1 en 2	€ 130,50
9. Combinatie van 1, 2 en 3	€ 139,50
10. Combinatie van 1, 2, 3 en 4	€ 180,00

Tabel 2b. Overzicht van kosten per parameter in ge(vries)droogd sediment en zuiveringsslib, prijspeil 2004.

nr Parameter(pakket)	Kosten
1. Totaal-alfa	€ 90,00
2. Totaal-bèta	€ 90,00
3. Gamma nucliden	€ 180,00
4. Pb-210 (alleen in combinatie met 3)	€ 22,50
5. Vriesdrogen nat sediment	€ 67,50
6. Combinatie van 1, 2 en 3	€ 270,00
7. Combinatie van 6 met vriesdrogen	€ 315,00

Geadviseerd wordt om voor het routinemeetnet in oppervlaktewater de combinatie van 1, 2, 3 en 4 (nummer 10, tabel 2a) te meten. Voor sediment en zuiveringsslib wordt geadviseerd om; Totaal-alfa, Totaal-bèta, en Gamma nucliden te analyseren (nummer 6 of 7 uit tabel 2b).

## 5. Maatregelen in het waterbeheer tijdens de bestrijdingsfase van een calamiteit

Op basis van de resultaten van de analyses kan de waterbeheerder in de bestrijdingsfase van een ongeval maatregelen nemen. Bij een categorie A ongeval zal het Rijk advies geven en indien nodig bindende maatregelen opleggen.

Bij een lokaal optredend ongeval (categorie B) kan de waterbeheerder op eigen initiatief maatregelen nemen om vervolgrisico's te voorkomen. Het verdient aanbeveling om daarover advies te vragen aan het RIZA (bijlage 4) en de Inspectie Volksgezondheid en het RIVM. Voorkomen moet worden dat radionucliden zich ophopen in voedselketens en dat mensen besmet raken. Naast de drinkwaterfunctie van oppervlaktewater is beregening van gewas en drenking van vee een mogelijke route voor contaminatie van voedsel en daarmee indirect de mens. Daarnaast kunnen (sport)visserij en recreatie in oppervlaktewater een mogelijke besmettingsbron zijn. In zout water zijn de mossel- en oesterteelt kwetsbaar voor radioactiviteit. Ook moet nagegaan worden of besmetting van waardevolle natuurgebieden kan worden voorkomen (geen water inlaten) of beperkt (versneld water afvoeren). Om tot een adequaat maatregelenpakket te kunnen komen moeten de relevante gebruiksfuncties worden geïnventariseerd.

Indien de concentraties van nucliden boven interventiewaarden uitkomen moeten maatregelen worden getroffen. Deze interventiewaarden voor zuiveringsslib, inname voor drinkwater en beregeningswater voor landbouwgronden zijn weergegeven in bijlage 3.

De mogelijke maatregelen.

1. Versnelde afvoer van verontreinigd oppervlaktewater van de hoger gelegen delen naar Rijn en Maastakken en verdere afvoer naar zee. Bij besmetting van oppervlaktewater in het buitenland zal versnelde afvoer naar zee via Rijn en Maas zonder water in te nemen uit deze hoofdwatersystemen de beste oplossing zijn. Dit geldt zo mogelijk ook voor andere lokale grensoverschrijdende wateren met in achtname van de onder punt 5 (en 6) genoemde mogelijkheid.
2. Bescherming van watergebieden die nog niet of in beperkte mate zijn blootgesteld aan een hoge radioactieve belasting door het sluiten van inlaatwerken en scheepvaartsluizen (rekening houdend met de belangen van de scheepvaart en ander economisch gebruik van het water, dat niet afhankelijk is van de waterkwaliteit).
3. Behandeling van radioactief zuiveringsslib zoals het onttrekken van het meest radioactief belaste deel van het primaire slib van RWZI's en gecontroleerde opslag hiervan. Er moet zoveel mogelijk voorkomen worden dat verdere verspreiding door bijvoorbeeld verbranding optreedt.
4. Beperking of verbod van het gebruik van oppervlaktewater voor agrarische, visserij en/of recreatieve doeleinden. Bijvoorbeeld het ontraden van veedrenking, graasverbod of het verbieden van beregening van landbouwgewas. Bijlage 3 Tabel 3 geeft hiervoor de normen.
5. Het vasthouden van water in een gebied in plaats van versneld doorspoelen. De aanwezigheid van kort levende isotopen ( $T_{1/2} < 10$  dagen) in een beperkt (ernstig) besmet gebied geeft de mogelijkheid om verontreiniging in dat gebied tijdelijk vast te houden. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de vervaltijd van de kortdurende isotopen, waardoor de straling afneemt tot aanvaardbare stralingsniveaus zijn bereikt. Een nadeel is dat door adsorptie aan zwevend stof en



sedimentatie meer isotopen ( $T_{1/2} \gg 10$  dagen) in de waterbodem zullen achterblijven.

6. Bij een categorie B-ongeval kan bij kleinere wateren het door grondverzet isoleren van de verontreinigde locatie een zinvolle maatregel zijn. Op basis van meetgegevens kan verdere afwikkeling worden gereguleerd. Een mogelijk scenario is om het materiaal tijdelijk te laten liggen tot kort levende isotopen zijn vervallen en daarna afgraven en gecontroleerd storten.
7. Bij een categorie B-ongeval moet altijd een deskundige gewaarschuwd worden. Markeer de locatie, houd mensen op afstand en tracht door isoleren of afdekken verspreiding te voorkomen. Verzamel uit een transport verloren geraakte verpakkingen die nog heel zijn (een overzicht van etikettering staat in bijlage 5) Draag handschoenen, beschermende kleding en adembescherming bij het opruimen.

In bijlage 5 staan basisbegrippen voor stralingshygiëne en een overzicht van welke nucliden bij ongevallen vrij kunnen komen gegeven alsmede wettelijke regelingen betreffende het vervoer van radioactieve stoffen.

Bijlage 6 geeft een voorbeeld van een calamiteit met een transport en enige informatie over de te volgen procedure



## **6. Overige aspecten van nucleaire ongevallen**

### **6.1. Opleiding en training**

Gezien de specifieke aard van radionucliden (we kunnen nu eenmaal straling zonder hulpmiddelen niet waarnemen) en de gevolgen van een ongeval met radioactiviteit is het onderwerp emotioneel beladen. Kennis over radioactiviteit draagt bij aan een meer realistische kijk op de problematiek en verhoogt de kans op adequaat handelen.

Daarnaast is het **oefenen** van crisismanagement bij calamiteiten en het testen van communicatielijnen alsmede het intact houden van adequate infrastructuur belangrijk (zoals een telefonische bereikbaarheidstest). Een en ander is wettelijk geregeld in het kader van de waterstaatswet 1900, paragraaf 17.

### **6.2. Kennis en informatie delen**

Aanbevolen wordt om met enige regelmaat een dagcursus over zaken die specifiek met het radioactiviteitsmeetnet samenhangen te houden. Daarmee kan worden voorzien in de vraag naar de benodigde informatie voor waterbeheerders en de benodigde basiskennis voor het omgaan met radioactiviteit. Een nevensdoel is het vertrouwd raken met de aard van de risico's van radioactiviteit en deze risico's globaal te kunnen inschatten. Een zeer korte introductie over straling en stralingshygiëne staat in bijlage 5. De doelgroep voor een dergelijke cursus zijn calamiteiten coördinatoren en mensen die in het veld monsters nemen en de logistiek verzorgen. Dit kan mogelijk in het kader van crisismanagement worden georganiseerd door het RIZA in samenwerking met het Departementaal Coördinatie Centrum van Rijkswaterstaat (DCC-RWS).

## 7. Literatuur

- Anonymus 1900 Waterstaatswet 1900 (Wet van 10 november 1900, Stb. 176 en memorie van toelichting op het nieuwe wetsvoorstel voor aanpassing van paragraaf 16 van de waterstaatswet 1900.
- Baardwijk 1987 Baardwijk, F.A.N. van, Vries P.J.R de, Griffioen P.S. Radio-activiteit in zuiveringslib ten gevolge van het Tjernobyl-ongeval H2O 21 (1987), 528.
- Engeler 2003 Engeler, C.; Nationaal radioactiviteit meetnet regionale wateren en RWZI's. RIZA werkdocument 2003.029X.
- Kernenergiewet Kernenergiewet. Nederlandse Staatswetten. Editie Schuurman & Jordens. Tjeenk Willink, Zwolle, achtste druk, bijgewerkt tot en met februari 1995. en geaccumuleerde aanvulling tot 15 april 1999.
- NW4 Vierde Nota waterhuishouding. Regeringsbeslissing. december 1998.
- NPK 1989 Nationaal Plan Kernongevallenbestrijding.  
Nota Kernongevallenbestrijding Tweede Kamer, vergaderjaar 1988 – 1989 21 015 nrs. 1 en 2.

## Bijlage 1. Overzicht meetpunten.

Tabel 1 **Alle bemonsteringslocaties** (routine, calamiteiten meetnet voor lage en hoge dichtheid, categorie A):  
Codes, coördinaten en locatienamen.

Beheerder naam / code	x- coördinaat	y- coördinaat	beschrijving	routine sediment	calamiteit (lage dichtheid) water	calamiteit (hoge dichtheid) water	Calamiteit Sediment
<b>De Aa</b>							
143211	151019	411558	Aa in Den Bosch	X	X	X	X
144303	153673	410230	Zwv in Den Dungen	X	X	X	X
<b>Alm en Biesbosch</b>							
	123406	424853	Brug Vijcie	X	X	X	X
	129093	414015	Gemaal Hagoort (laag)	X		X	X
	129101	414014	Gemaal Hagoort (hoog)	X	X	X	X
	127355	421757	Hodempijlsoort	X		X	X
	118673	416010	Gemaal Oostkil	X	X	X	X
<b>Delfland</b>							
MADU	75000	450500	Maderweg bij Loosduinen		X	X	X
NWWN	74000	455500	Naaldwijk		X	X	X
ZWK	75600	444200	Zweth kanaal		X	X	X
WASL	83810	464430	Wassenaarse Slag			X	X
<b>Dommel</b>							
240011	157870	364290	Boven Dommel, grens België		X	X	X
240025	148850	410700	Beneden Dommel, Westwal te Den Bosch	X	X	X	X
240047	165530	384120	Keine Dommel Collse Molen, Eindhoven	X		X	X
240087	149210	397780	Beerze, Lennisheuvel, Kemseweg	X	X	X	X
240092	145040	400200	Esschestroom, brug in de weg	X		X	X

Beheerder naam / code	x- coördinaat	y- coördinaat	beschrijving	routine sediment	calamiteit (lage dichtheid) water	calamiteit (hoge dichtheid) water	Calamiteit Sediment
			Boxtel – Oisterwijk				
240128	143520	408180	Zandleij, nabij Cromvoirt	X		X	X
243010	162720	385400	Boven Dommel, Johnan van OldenbarneveldIn te EHV	X		X	X
243020	152700	404870	Beneden Dommel, bov.str. Stuw te Sint-Michielsgestel	X		X	X
244154	136370	395250	Wilhelminakanaal, Tilburg			X	X
240014	161920	368190	Tongelreep, Kluizerbrug in de Abdijweg, mogelijk invloed van Mol		X	X	X
<b>Fryslan</b>							
006 dodeumer gd	205120	592470	Engwierum; Dodeumer gratdiep		X	X	
026P.M.-Kan.	195250	577760	Burgum; P.M.-Kanaal		X	X	
115elschasterv	223260	551390	appelscha; elschastervaart		X	X	
117Morra-Flues	160120	545840	Galamadammen; Morra-fluessen		X	X	
026 vHarinxmak.	162880	577040	Kiesterzyl ; v. Harnixmakanaal		X	X	
029 vHarnixmak	182300	577500	Leeuwarden				X
106 P.M.-kan	176010	547050	Spannenbrug				X
<b>Groot Salland</b>							
LVE 85	211040	503710	Vecht Bovenstuw Vechtenweerd		X	X	
RNW 86	205350	501290	Nieuwe wetering Marslanden		X	X	
OAK 99	187460	506780	Roggebot	X	X	X	X
QVL 79	198380	511590	Veneriteleiding	X		X	X
ISW 99	204190	510720	Steenwetering	X		X	X
KDV 08	213440	511800	Dedemsvaart	X		X	X
RMW 90	209830	499050	Marswetering	X		X	X
SDW 98	213890	497860	Dalmsholterwaterleiding	X		X	X
RNW 86	205350	501290	Nieuwe wetering	X		X	X

Beheerder naam / code	x- coördinaat	y- coördinaat	beschrijving	routine sediment	calamiteit (lage dichtheid) water	calamiteit (hoge dichtheid) water	Calamiteit Sediment
USW 89	206940	497320	Soestwetering	X		X	X
UZW 01	201870	503810	Zwartewater	X		X	X
<b>Holl. Eil. En Waarden</b>							
Bop 0510	72170	429791	voor krooshek gemaal Trouw zuid oever	X		X	X
DWOP0804	107030	419310	Viersprong brug	X		X	X
FOP 0306	65856	419309	kruising hoofdwatergang met proc.weg	X	X	X	X
HO 05	99480	414309	bij buitendijk te Strijensas	X		X	X
KOP 0101	99782	437031	Voetbrug Molenvliesingel naar scheepswerf v. Duyvendk	X		X	X
OO 05	103444	433583	gemaal Elshout	X	X	X	X
YOP 0201	93428	428484	voor krooshek gemaal Breeman	X	X	X	X
<b>Hunze en Aa's</b>							
1103	276,550	584,350	Westerwoldse Aa: zeesluis Nieuw Statenzijl		X	X	
1106	268,150	568,200	Westerwoldse Aa: fietsbrug Wedderbergen			X	X
2101	237,460	572,130	Drentse Aa: brug in weg De Punt- Glimmen		X	X	X
2215	235,590	558,300	Havenkanaal Assen, Europabrug in rondweg				X
2222	231,675	582,900	Reitdiep: bij Pleiadenbrug		X	X	X
4102	256,900	593,750	Eemskanaal: ophaalbrug in Farmsum		X	X	X
4238	237,800	579,250	sloot Oosterpolder voor gemaal naar Winschoterdiep			X	
4402	242,550	573,950	Zuidlaardermeer: zwemstrand aan noordkant			X	

Beheerder naam / code	x- coördinaat	y- coördinaat	beschrijving	routine sediment	calamiteit (lage dichtheid) water	calamiteit (hoge dichtheid) water	Calamiteit Sediment
			bij Meerwijk				
6101	256,088	573,050	A.G. Wildervanckkanaal: ophaalbrug bij Duurkenakker		X	X	X
<b>AGV &amp; DWR</b>							
<b>Zuiveringschap Limburg</b>							
Onier 900	19454	41411	Niers Milsbeek	X	X	X	X
oroer 905	19667	35647	Roer Roermond	X	X	X	X
Ojeke 900	17675	31733	Jeker Maastricht	X	X	X	X
ogrmb 900	20300	39430	Grote Molenbeek Wanssum		X	X	X
ogele 900	18616	34333	Geleenbeek Oud-Roosteren	X	X	X	X
oneer 900	19736	36325	Neerbeek-Hanssum		X	X	X
<b>De Maaskant</b>							
Gewande	152856	418242	Hertogswetering	X	X	X	X
Laage Raam	179511	416984	Laage Raam	X	X	X	X
<b>Noorderzijvest</b>							
	22175	58433	vStarkenborgkanaal-Eibersburen	X	X	X	X
	22890	58025	Konmingsdiep-Hoogkerk	X	X	X	X
	21565	59525	Reitdiep-Zoutkamp	X	X	X	X
	25690	59400	Damsterdiep-Delfzijl	X	X	X	X
<b>Reest en Wieden</b>							
2MEPD4	205320	521050	Meppelerdiep, Daasje	X	X	X	X
3ETTK.9	195100	524260	Ettenlandskanaal Duinweg	X	X	X	X



Beheerder naam / code	x- coördinaat	y- coördinaat	beschrijving	routine sediment	calamiteit (lage dichtheid) water	calamiteit (hoge dichtheid) water	Calamiteit Sediment
<b>Regge en Dinkel</b>							
Boven Dinkel	26558	47279	Weertstraat Glane	X	X	X	X
Beneden Dinkel	26198	49400	Ottershagen Lattrop	X	X	X	X
Beneden Regge	22737	49845	Slenke Archem	X	X	X	X
Exlose Aa	23708	48373	Ypeloweg Wierden	X		X	X
<b>Rijn en IJssel</b>							
Berkel	246875	456675	Berkel Rekken	X	X	X	X
Oude IJssel	206100	446800	Sluis Doesburg	X	X	X	X
Oude IJssel	224100	431300	Grens Gendringen		X	X	X
Buurserbeek	225130	462260	Grens Buurse			X	
Boven Slinge	251700	440100	Grens Kotten			X	
Schipbeek	211900	472500	Zwormertorenbrug Deventer			X	
Grote Beek	209200	453800	Spaensweg Steenderen			X	
Didamse Wetering	207900	445100	Eldrikseweg Angerlo			X	
<b>HH v.Rijnland</b>							
RO 116	107545	446025	Gouwe Gouda	X	X	X	X
RO 383	107098	467308	Leidse Vaart	X	X	X	X
RO 021	111489	488496	Ringvaart Noord	X	X	X	X
RO 027	111562	476377	Ringvaart Oost			X	X
RO 092A	99480	460290	Oude Rijn Hazerwoude			X	X
RO 375	111121	455374	Oude Rijn Bodegraven			X	X
RO 479	100687	477836	Ringvaart West			X	X
ROP 16702	92520	455174	Zoetermeer polder			X	X
ROP 17402	97284	467547	Zweilandenpolder			X	X
ROP21011	107614	491121	Ver.binnenpolder			X	X

Beheerder naam / code	x- coördinaat	y- coördinaat	beschrijving	routine sediment	calamiteit (lage dichtheid) water	calamiteit (hoge dichtheid) water	Calamiteit Sediment
<b>Rivierenland</b>							
MLI0016	127800	428650	Linge Goringchem. Brug A15	X	X	X	X
MMW0001	158250	426000	Grote Wetering Sluisweg Alphen	X	X	X	X
MWB0009	137500	422850	Carpreton-Maas-Waal weg Aalst		X	X	
<b>HH van Schieland</b>							
*00120	97880	446818	Rottemeer Noord	X		X	X
*00024	104508	443499	Ringvaart bij gemaal Abraham Kroes	X		X	X
*00123	98482	450073	Rotte molen Rottedijk 19		X	X	X
*00025	94601	440653	Rotte Boerdoorps Verlaat		X	X	X
*00016	93775	437696	Boezemkanaal bij gem. Schilthuis			X	X
*00007	99867	447111	Ringvaart Wolletoppenweg		X	X	X
*00037	104746	449547	Ringvaart Apollolaan/Waddinxveen			X	X
*00030	93900	440919	Bergse voorplas			X	X
*00067	95041	438965	Kralingse Plas			X	X
<b>De Stichtse Rijnlanden</b>							
A01 (P)	138700	454460	Kromme Rijn Galgenwaard	X			X
A14	141450	444930	Schalkwijkse wetering	X			X
A70	141332	446446	Goyer wetering - 't Goy			X	
A71	147769	443963	Wijkersloot WbD			X	
B19	137450	460250	Zwembad de Kikker			X	
D29	132503	454243	Strijkviertel			X	
S16	138820	456750	Speelvijver Voorveldsepolder			X	
W06 (P)	111140	455380	Oude Rijn Bodegraven	X	X	X	X
W01	121100	456450	Oude Rijn Woerden			X	
E11	126500	443410	Lopikerwetering			X	
W25 (P)	115428	447505	Hollandse IJssel Hekendorp	X	X	X	X

Beheerder naam / code	x- coördinaat	y- coördinaat	beschrijving	routine sediment	calamiteit (lage dichtheid) water	calamiteit (hoge dichtheid) water	Calamiteit Sediment
D12	123980	450180	Hollandse IJssel Montfoort			X	
E01	136800	454450	Vaartsche Rijn Utrecht			X	
<b>HH Uitwaterende sluizen Holl NK</b>							
009001 (E)	117450	505810	Spijkerboor, bij brug Knollerdammervaart		(X)	X	X
087001	123976	523431	de Wijzend, Zuid-Westelijk van Opmeer.			X	X
135101	111565	519418	N-H kanaal bij Koedijkervlotbrug			X	X
135701	115164	547465	N-H kanaal bij de brug nabij de Kooy	X	X	X	X
158201	116375	496170	De Zaan, bij de Bernhardbrug	X	X	X	X
675120	138254	526125		X		X	X
770104	131516	548261	Den Oever, westelijk aanvoerkanaal, voor krooshek	X		X	X
802024	117594	560570	Texel, voor krooshek gemaal "de Schans".	X		X	X
(E)	Eventueel als dit beter aansluit bij het zuiden van het Noordzeekan						
<b>Vallei en Eem</b>							
29726	170.840	441.990	Valleikanaal begin Rhenen, Haarbrug: 1 km na inlaat rijwater		X	X	X
29771	154.545	464.155	Eind Valleikanaal, stuw Balladelaan Amdersfoort		X	X	X
29774	149.930	470.950	Eem te Eembrugge Eem midden		X	X	X
<b>Velt en Vecht</b>							
mvec 00	246550	514640	Vecht, Laar(D)	X		X	X

Beheerder naam / code	x- coördinaat	y- coördinaat	beschrijving	routine sediment	calamiteit (lage dichtheid) water	calamiteit (hoge dichtheid) water	Calamiteit Sediment
mvec 55	225140	503800	Vecht, Ommen	X	X	X	X
gkcv 99	244240	515980	Kan. Coevorden-Vecht	X		X	X
gafk 55	243840	516350	Afwateringskanaal	X	X	X	X
koko 92	224320	505160	Ommerkanaal	X		X	X
okah 05	235600	497740	Kan. Almelo-deHaandrik	X		X	X
ebar 95	258800	530650	Bargermeerkanaal	X			
gkaa 99	254320	523440	Kanaal A	X			
cgrp 02	257500	529000	Grote Rietplas		X	X	X
<b>WS Veluwe</b>							
20009 A9	20170	49525	Apeldoornskanaal 5de pand	X		X	X
24101 E13	18937	50278	Gelderse Gracht Kampnieuwstad	X		X	X
24355 F12A	17488	48771	Hierdensebeek monding Hierden	X	X	X	X
22201	20648	46585	Voorsterbeek Voorst	X	X	X	X
23202	20275	49455	Grote Wetering Wapenveld	X			X
22503	20490	46860	Bussloo I Wilp		X	X	
20201	19770	48280	Klaarbeek Epe			X	
27430	18454	463800	Gerritsfles			X	
<b>HH West Brabant</b>							
220005 (V)	103120	3811600	Aa of Weerijs, grens	X*	X(v)	X	X
210016 (V,N)	112050	381130	Bovenmark, Grens	X*	X(v,n)	X	X
			Zuiderafwateringskanaal, bij gemaal keizersveer	X*	X(n)	X	X
590,901 (N)	121690	413750					
240103 (V)	91550	388550	Molenbeek grens	X*	X(v)	X	X
200001(N)	86060	406720	Dintel, Dintelas	X*	X(n)	X	X
300.001	77900	404000	Vliet, Benedensas	X*		X	X
(V,N)	prioriteit bij ongeval in V = Vlaanderen; N = Nederland			* water + sediment			

Beheerder naam / code	x- coördinaat	y- coördinaat	beschrijving	routine sediment	calamiteit (lage dichtheid) water	calamiteit (hoge dichtheid) water	Calamiteit Sediment
<b>Zeeuwse eilanden</b>							
	49740	410810	Gemaal Prommelsluis, Waterloop vlak voor gemaal		X	X	X
	31450	390710	Gemaal Boreel, Waterloop vlak voor gemaal		X	X	X
	56580	394100	Gemaal Dekker, Waterloop vlak voor gemaal		X	X	X
<b>Zeeuws Vlaanderen</b>							
	2268	36646	Grote Gat kruising St.Pietersdijk	X			X
	3814	36612	Isabellakanaal	X	X	X	X
	6074	37316	Brug Kuitaart	X			X
	5273	36018	Moerspuse watergang (grens)	X	X	X	X
	5936	37339	De Vogel			X	
<b>Zuiderzeeland</b>							
1	15813	49550	Lage vaart/ Knarsluis	X	X	X	X
11	15865	48310	Hogevaart / Adelaarsweg	X	X	X	X
ALV75	17913	53590	Lemstervaart bij Rutemseweg		X	X	
<b>Rijkswaterstaat</b>							
IJMDN1	103000	497860	Noordzee kanaal	X		X	
MAASSS	77700	435720	Nieuwe Waterweg	X		X	
HARVSS	63400	427600	Haringvliet sluis	X		X	
KETMWT	173085	513550	Ketelmeer West		X	X	
VROUWZD	155400	535900	IJsselmeer	X		X	
EIJSDPTN	177000	310000	Maas bij Eijsden	X	X	X	

Beheerder naam / code	x- coördinaat	y- coördinaat	beschrijving	routine sediment	calamiteit (lage dichtheid) water	calamiteit (hoge dichtheid) water	Calamiteit Sediment
LOBPTN	203500	429750	Rijn bij Lobith	X	X	X	
SCHAARVODDL	75712	373950	Schelde	X		X	
SASVGT	44250	359080	Kan van Gent naar Terneuzen	X		X	
HAGSN	137520	444750	Hagenstein boven Stuw		X	X	
SCHEELHK	64875	425635	Haringvliet Scheelhoek		X	X	
KEIZVR	120950	414720	Keizersveer; Bergse Maas		X	X	
BOVSS	93200	411900	Bovensluis; Holl Diep	X			

Bijlage 1. Tabel 2. (A)RWZI's voor Routinemeetnet en het Calamiteitenmeetnet.

beheerder opmerkingen	Plaats/naam	DWA m3/h	RWA m3/h	Reden selectie	routine	calamiteit
Aa en Maas	Aanle Rixtel			lozing ziekenhuis	X	X
	Oyen	2750	8250	veel kleine kernen	X	X
Alm en Biesbosch	Sleeuwijk	616	1920	grootste RWZI	X	X
AGV & DWR	Oost		19000	RWZI A'dam	X	X
	Horstermeer		5000	Diverse steden/dorpen	X	X
Delfland	Houtrust			Scheveningen		
De Dommel	Eindhoven	10000	25500		X	X
Fryslân	Leeuwarden	2450	8000	Groot verhard oppvl.		X
Groot Salland	Zwolle	2400	5500	stedelijk	X	X
	Deventer	1500	6600	stedelijk	X	
	Raalte	800	2200	landelijk		X
Holl Eil. en Waarden	AWZI Dokhaven Rdam-Zuid	9100	19000	Groot verhard oppvl.	X	X
Hunze en Aa's	Veendam	700	2700	Grote zuivering, inclusief gisting	X	X
	Bellingwolde	90	375	Kleine zuivering, nieuwe installatie	X	X
Roer en Overmaas	Hoensbroek	1000- 3000	9000	grootste zuivering	X	X
Peel en Maasvallei	Venlo	1000- 2500	7500	grootste zuivering	X	X
Noorderzijvest	Garmerwolde	3700	11000		X	X
Reest en Wieden	Echten	1575	3200	groot rwzi, ziekenhuis	X	X
	Meppel	1100	3000	middelgrootm rwzi, Ziekenh.		X
Regge en Dinkel	Enschede	3240	12160	potentiële bron	X	X
	Almelo	1530	5200	potentiële bron	X	X
Rijn en IJssel	Nieuwgraaf	3500	15500	groot stedelijk + ziekenhuis	X	X
Rijnland	Katwijk	2400	6400	Lozing LUNTC	X	X
Rivierenland	Nijmegen	4500	14.600	Groot stedelijk gebied	X	X

	Tiel	850	2800	Geografische ligging DWA/RWA		X
Schieland	Kralingseveer		13835	groot verhard oppervl.	X	X
De Stichtse Rijnlanden	Utrecht	2800	15000	Stedelijk	X	X
	Nieuwegein	1400	350	Stedelijk	X	X
Hollands Noorderkwartier	Beverwijk-Zaanstad	3886	8050	Stedelijk, groot verhard oppervlak	X	X
	Wervershoof	3300	4600	Regio West-Friesland	X	X
	Den Helder	1655	3600	Stedelijk gebied, Noordkant	X	X
Vallei en Eem	Ede	1230	6750	Groot gebied		X
	Amersfoort	1660	8900	Groot gebied		X
	Renkum	610	3825	Middel groot gebied		X
	Soest	815	4500	Middel groot gebied		X
	Nijkerk	415	2135	Middel groot gebied		X
	Veenendaal	980	4500	Kleiner gebied		X
	Woudenberg	290	1425	Middel groot gebied		X
Velt en Vecht	Emmen	2000	6000	groot gebied	X	X
	Coevorden	810	2400	potentieel risico	X	
Veluwe	Elburg	900	2850	Groot gebied	X	X
	Apeldoorn	4500	15000	Groot geb. + ziekenhuis	X	X
	Harderwijk	1900	5500	Groot geb. + ziekenhuis	X	X
Brabantse Delta	Nieuwveer (Breda)	2200	16500	Groot verzorgingsgebied	X	X
	Bath	3400	14000	Groot verzorgingsgebied	X	X
Zeeuwse Eilanden	Walcheren	1900	6000	Grootst verhard oppervlak		X
Zeeuws Vlaanderen	Terneuzen	1140	3100	strategische ligging	X	X
	Hulst	390	1680	strategische ligging	X	X
Zuiderzeeland	Tollebeek	-	-	centraal gelegen	X	X



## Bijlage 2. De internationale nucleaire gebeurtenisschaal

Naast de nationale categorieënindeling A en B wordt ook wel de internationale schaal gehanteerd. Deze Internationale Nucleaire Gebeurtenisschaal is uitgebreider en geeft meer inzicht in de aard van ongevallen. Ongevallen 1 tot en met 4 uit het overzicht voor internationale nucleaire gebeurtenisschaal komen overeen met categorie B ongeval zoals Nationaal wordt gehanteerd. De overige ongevallen 5,6 en 7 behoren bij categorie A.

Ongeval	7 groot ongeval
	6 ernstig ongeval
	5 ongeval met risico's voor het milieu
	4 ongeval voornamelijk binnen de installatie
Incident	3 ernstig incident
	2 incident
	1 storing
Beneden de schaal : geen belang voor de nucleaire veiligheid	

Toelichting op de schaal ;

Niveau/ omschrijving	Criteria	Voorbeelden
7 groot ongeval	<ul style="list-style-type: none"> <li>Externe lozing van een belangrijk deel van de inventaris van de reactor kern met als typische inhoud een mengsel van kort – en langlevende radioactieve splijttingsproducten (in hoeveelheden die radiologische overeenkomen met meerdere tienduizenden Terabecquerel jodium-131.)</li> <li>Mogelijkheid tot acute gevolgen voor gezondheid. Latere gevolgen voor de gezondheid over een wijdt gebied, mogelijk voor meer dan één land. Lange-termijn-gevolgen voor het milieu.</li> </ul>	Tjernobyl (USSR) 1986
6 ernstig ongeval	<ul style="list-style-type: none"> <li>Externe lozing van splijttingsproducten (in hoeveelheden die radiologisch overeenkomen met meerdere duizenden tot tienduizenden Terabecquerel jodium-131.)</li> <li>Volledige implementatie van de lokale noodplannen hoogstwaarschijnlijk nodig om ernstige gevolgen voor de gezondheid te beperken.</li> </ul>	
5 ongeval met risico's voor het milieu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Externe lozing van splijttingsproducten (in hoeveelheden die radiologisch overeenkomen met meerdere honderden tot duizenden Terabecquerel jodium-131). In sommige gevallen gedeeltelijke implementatie van noodplannen vereist (lokaal schuilen en/of evacuatie) om de waarschijnlijkheid van gevolgen voor de gezondheid te verminderen</li> <li>ernstige schade aan een groot deel van de kern, door mechanische effecten en /of smelten</li> </ul>	Windscale UK 1957  Three Mile Island; VS; 1979
4 ongeval	<ul style="list-style-type: none"> <li>Externe lozing van radioactieve producten die</li> </ul>	

voornamelijk binnen de installatie	<p>resulteert in een dosis in de ordegrrootte van enkele millisievert<sup>1</sup>, aan de meest blootgestelde personen buiten de vestigingsplaats</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beperkte schade aan de reactorkern door mechanische effecten en/of smelten</li> <li>• Doses voor werknemers die tot acute gevolgen voor de gezondheid kunnen leiden (ordegrrootte van 1 sievert)<sup>2</sup></li> </ul>	
3 ernstig incident	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Externe lozing van radioactieve producten die de toegestane limieten overschrijden, en die resulteren in een dosis van de ordegrrootte van tienden van een millisievert aan de meest blootgestelde personen buiten de vestigingsplaats. Beschermingsmaatregelen buiten de vestigingsplaats zijn niet nodig.</li> <li>• Hoge stralingsniveaus en/of besmetting binnen de installatie door het falen van apparatuur of door bedrijfsvoerings-incidenten. Bovenmatige blootstelling van werknemers (individuele dosis die 50 millisievert overschrijden.).</li> <li>• Incidenten waarin een verder falen van veiligheidssystemen zou kunnen leiden tot ongevalomstandigheden, of tot een toestand waarin de veiligheidssystemen niet meer in staat zijn een ongeval te vermijden indien bepaalde inleidende gebeurtenissen zich zouden voordoen.</li> </ul>	Vandellos Sp. 1989
2 incident	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische incidenten of afwijkingen die de veiligheid van de installatie niet rechtstreeks of onmiddellijk beïnvloeden maar mogelijkwijze kunnen leiden tot een herevaluatie van veiligheidsvoorzieningen.</li> </ul>	
1 storing	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Functionele of operationele afwijkingen welke geen risico met zich meebrengen maar die duiden op een gebrek aan veiligheidsvoorzieningen. Dit kan te wijten zijn aan het falen van apparatuur, aan menselijke fouten of aan procedurele onvolkomenheden (Zulke afwijkingen dienen onderscheiden te worden van toestanden waarbij de bedrijfslimieten en voorwaarden niet overschreden worden en die correct beheerst worden overeenkomstig toereikende procedures. Deze zijn typische “beneden de schaal”)</li> </ul>	

<sup>1</sup> Deze dosis zijn uitgedrukt als effectieve dosisequivalenten (totale lichaamsdosis). Deze criteria kunnen ook worden uitgedrukt als overeenkomende jaarlijkse lozingslimieten zoals goedgekeurd door de nationale overheid.

<sup>2</sup> Deze dosis zijn ook, om reden van eenvoud, uitgedrukt als effectieve dosis equivalenten (Sieverts), alhoewel de doses die acute gevolgen voor de gezondheid hebben dienen te worden uitgedrukt als geabsorbeerde dosis (Gray)

Onderliggende logica van de Schaal Nucleaire Gebeurtenissen in termen van algemene indicatoren.

Niveau/ omschrijving	Criteria		
	Gevolgen voor het milieu	Gevolgen binnen de vestigingsplaats	Aantasten van de veiligheidsstrategie
7 Groot ongeval	Grote lozing - verstrekkende gevolgen voor gezondheid en milieu		
6 ernstig ongeval	Belangrijke lozing – volledige implementatie van het lokale alarmplan		
5 ongeval met risico's voor het milieu	Beperkte lozing – gedeeltelijke implementatie van het lokale alarmplan	Zware kern beschadiging	
4 ongeval voornamelijk binnen de installatie	Kleine lozing - gedeeltelijke blootstelling van de bevolking vergelijkbaar met voorgeschreven limieten	Lichte kernbeschadiging Ernstige gevolgen voor de gezondheid van werknemers	
3 ernstig incident	Zeer kleine lozing – blootstelling van de bevolking aan een fractie van de voorgeschreven limieten	Belangrijke besmetting  Overbestraling van werknemers	Bijna-ongeval Verlies van extra (redundante) beveiliging
2 incident	Geen lozing		Incidenten met mogelijke gevolgen voor de veiligheid
1 storing	Geen lozing		Afwijkingen van het toegelaten werkingsgebied
0 beneden de schaal			Geen nucleair veiligheidsbelang

- Het ongeval van 26 april 1986 in de kerncentrale van Tjernobyl had verstrekkende gevolgen voor het milieu en de menselijke gezondheid. Door een experiment (ironisch genoeg van de veiligheidssystemen) wordt om 1:23 de reactor instabiel. Om 1:23:40 prompt neutron power burst (+ explosie), vuur in open reactor gedurende 10 dagen. Eerste indicatie in buitenland Scandinavië op 28 april '86. Lozing van ondermeer: I-131:  $6,7 \cdot 10^{17}$  Bq; Cs 137:  $5,9 \cdot 10^{16}$  Bq. Totaal  $1,65 \cdot 10^{18}$  Bq exclusief edelgassen zoals Xe en Kr. Het is op grond hiervan ingedeeld op niveau 7.
- Het ongeval in Windscale (nu Sellafield) van 8 – 11 oktober 1957 in de gasgekoelde grafietreactor in het Verenigd Koninkrijk, resulteerde in een externe lozing van radioactieve splijttingsproducten. 42 uur brand in een reactor, (Gelukkig bevatte het

containment filters op aandringen van John Crockcroft, overigens als overbodig beschouwd: 'Crockcroft kolder'). Geen schatting van de emissie: van een gebied van 1280 km<sup>2</sup> is de melk vernietigd. Schattingen van milieuorganisaties lopen op tot Ca 260 schildklierkanker gevallen en 33 gevallen van ernstige genetische schade en/of lethale kanker. Op basis van de gevolgen hiervan op het milieu is het ongeval op niveau 5 geklasseerd.

- Het ongeval op 28 maart 1979 in de kerncentrale van Three Mile Island (USA, Harrisburg, Plensylvenia) veroorzaakte een beschadiging aan de reactorkern. De externe lozing van radioactiviteit is beperkt. Defecte waterpomp in secundair circuit. De turbine stopt maar de centrale blijft op volle kracht draaien. Door oplopende temperatuur in het primaire koelcircuit raken twee automatisch systemen defect. Een klep opent om druk af te laten en de centrale stop automatisch. Etc etc nog vele fouten van operators en andere technische storingen. (bijna evacuatie van een miljoen mensen). Emissie naar de lucht:  $5,5 - 8,9 \cdot 10^{11}$  Bq <sup>131</sup>I. Dit voorval is op niveau 5 geklasseerd op basis van de gevolgen binnen de vestigingsplaats.
- Het ongeval in 1980 in de kerncentrale van St.-Laurent-des-Eaux (Fr.) resulteerde in een lichte kernbeschadiging, maar er werd geen radioactiviteit naar buiten geloosd. Het is op niveau 4 geklasseerd op basis van de gevolgen binnen de vestigingsplaats.
- Het ongeval in 1980 in de kerncentrale van Vandellos (Spanje) gaf geen aanleiding tot externe lozingen van radioactiviteit, nog tot kernbeschadiging of tot lokale besmetting. Het betreft een brand in de generator ruimte met in principe gevaar voor de koeling van der reactor, een 500 MW gasgekoelde grafietreactor. In 1992 is besloten de reactor buiten bedrijf te stellen. De schade betekende een beduidende aantasting van de veiligheidsredundanties. Het voorval is op niveau 3 geklasseerd op basis van het criterium aantasting van de veiligheidsstrategie.

### Bijlage 3. Normen voor stralingshygiëne

Tabel 1 Streefwaarden voor waterbodem (NW4) en interventieniveaus voor zuiveringslib (uitrijverbod voor landbouwgronden, NPK) (Bq/kg droge stof)

Parameter en/of belangrijkste isotopen	Streefwaarden (landelijke achtergrondwaarde) Bq/kg	Interventieniveau Uitrijdverbod van zuiveringslib Bq/kg
Totaal- $\alpha$	500	
Totaal- $\beta$	1000	
Strontium isotopen ( $^{89}\text{Sr}$ , $^{90}\text{Sr}$ )	40	50.000
Jood isotopen ( $^{131}\text{I}$ )	20	n.v.t.
$\alpha$ -stralers ( $^{239}\text{Pu}$ , $^{241}\text{Am}$ )	1	2.000
Radionucliden met halfwaardetijd > 10 dagen ( $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$ )		800.000
$^{137}\text{Cs}$	40	
$^{210}\text{Pb}$ en $^{210}\text{Po}$ elk	100	
$^{58}\text{Co}$ en $^{60}\text{Co}$ elk	10	
Overige $\gamma$ stralers	2	

Tabel 2 Streef- (NW4), Euratom- en onderzoekswaarden, alsmede de interventieniveaus voor drinkwater (voor stoppen van de inname van oppervlaktewater voor drinkwaterbereiding)

Parameter en/of belangrijkste isotopen	Streefwaarde NW4 Bq/l	Euratom drempelniveau Bq/l	Onderzoeks waarden drinkwater Bq/l	Interventieniveau drinkwater Bq/l
Totaal- $\alpha$	0,1		0,5	-
Rest- $\beta$	0,2	0,6	5,0	-
Tritium	10	100	-	-
Strontium isotopen ( $^{89}\text{Sr}$ , $^{90}\text{Sr}$ )	0,01	0,6	-	125
Radium isotopen (Ra-226)	0,005	-	-	-
Jood isotopen ( $^{131}\text{I}$ )	-	-	-	500
$\alpha$ -stralers ( $^{239}\text{Pu}$ )	-	-	-	20
Radionucliden met halfwaardetijd > 10 dagen (o.a. $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$ )	0,02	-		1000

Tabel 1 en 2 zijn de streefwaarden uit de NW4 en drempelniveau's van Euratom opgenomen. Beiden zijn een maat voor de orde grootte van de natuurlijke achtergrondwaarden.

Tabel 2 geeft de onderzoekswaarden voor totaal-alfa en totaal-beta voor drinkwater. Deze worden door waterleidingbedrijven conform EU richtlijn gehanteerd. Bij overschrijding volgt nader onderzoek (gammaspectrometrische analyse).

Tabel 3 Interventieniveaus voor beregeningswater voor landbouwgrond

Parameter en/of belangrijkste isotopen	Interventie niveau beregeningswater landbouw in Bq/l	
	Onbegroeid	Begroeid
Strontium isotopen ( $^{89}\text{Sr}$ , $^{90}\text{Sr}$ )	50	15
Jood isotopen ( $^{131}\text{I}$ )	-	40
$\alpha$ -stralers ( $^{239}\text{Pu}$ , $^{241}\text{Am}$ )	2	2
Radionucliden met halfwaardetijd > 10 dagen ( $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$ )	800	25

Voor goed gebruik van tabel 3 moet men alle nucliden uit de betrokken groep optellen voor toetsing aan de interventiewaarde. Alleen de belangrijkste zijn tussen haakjes genoemd!

Voor besmetting van melkkoeien geldt dat, naast het drinken van oppervlaktewater ook, door depositie besmet gras wordt gegeten. Een graasverbod geldt bij overschrijding van de isotoop Iodium-131 van 5000 Bq/m<sup>2</sup> grasland. Voor niet melkvee zijn langdurige radio-isotopen die in weefsel en bot ophopen belangrijker ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  respectievelijk Strontium isotopen).

### Normen voor maatregelen en uit te voeren acties

Zolang er geen sprake is van een zeer ernstige calamiteit waarbij door RIVM/VROM, het beleidsteam of het lokaal bestuur wordt aangegeven dat men op bepaalde locaties niet kan/mag komen kan er bemonsterd worden. Aanwijzingen voor hoge niveaus waarbij niet bemonsterd kan worden, komen uit het luchtmeetnet van het RIVM en/of uit directe metingen ter plaatse door de brandweer. Veelal zal dan ook duidelijk zijn dat men moet schuilen of zelfs evacueren. De waarde tot welk niveau de verschillende activiteiten nog mogelijk zijn staan uitgedrukt in millisieverts per dag in navolgende tabel.

Tabel 4. Normen voor maatregelen.

Directe maatregelen	Schuilen	Evacueren
Geen actie	< 5 mSv/dag	< 50 mSv/dag
Overweeg actie	5 mSv/dag of meer	50 mSv/dag of meer
Actie direct uitvoeren	50 mSv/dag of meer	500 mSv/dag of meer
Overige hulpacties	Toelaatbare dosis voor hulpverleners	
Levens reddend werk	Tot 750 mSv/dag	
Redden van kostbare goederen	Tot 250 mSv/dag	
Ondersteuning/uitvoeren van metingen /openbare orde en veiligheid	Tot 100 mSv/dag	

Bedacht moet worden dat voor schuilen een veilige waarde is gekozen die geldt voor alle leden onder de bevolking waaronder ook kinderen, ouden van dagen en zieken. Voor waarden boven de 100 millisievert per dag geldt dat men slechts vrijwillig ingezet kan worden na voorlichting over de mogelijke risico's.

Bij veel ongevallen in het buitenland waarbij atmosferische depositie optreedt zullen de stralingsniveaus ver onder deze waarden liggen. In die situatie zijn weinig risico's verbonden aan handelingen in de buitenlucht zoals het nemen van watermonsters. De informatie voor de beoordeling van de veiligheid in een gebied kan goed worden ingeschat op basis van emissiegegevens, berekeningen en bovenal het luchtmeetnet van het RIVM. Ook de brandweer beschikt over stralingsdetectoren. Bij transport van monsters moet men bedenken dat de straling van een bron afneemt met het kwadraat van de afstand tot die bron zodat de monsters desgewenst het best achterin een auto geplaatst kunnen worden.

#### **Bijlage 4. Belangrijke telefoonnummers voor advies bij ongevallen**

Voor calamiteiten met oppervlaktewater zijn de volgende alarmnummers van belang.

<u>Calamiteiten functie:</u>	<u>semadigit:</u>	<u>GSM:</u>
Dienstdoend stralingsdeskundige RIZA (24 uur)	06 58058235#	-
Alarm nummer van VROM (24 uur)	070 3832425#	-
Alarmgroep RIZA (24 uur)	06 59312441#	06 51248441

Bij een **semadigit** nummer en hekje, toetst u uw telefoonnummer in en sluit af met een hekje. U wordt dan teruggebeld



## Bijlage 5. Relevante begrippen stralingshygiëne en overzicht nucliden bij emissies

### Belangrijke begrippen in de stralingshygiëne

Stabiliteit van atomen komt door het evenwicht van de (kern)krachten. Veel atomen zijn echter instabiel door een overmaat aan energie. Deze overmaat kunnen zij afgeven door het uitzenden van straling. Atomen die op deze wijze “vervallen” worden radio-isotopen genoemd. De straling die vrijkomt heet ioniserende straling. Ioniserende straling is energierijke elektromagnetische straling (korte golflengte) en/of snelle deeltjes (hoog energetische deeltjes). De belangrijkste zijn:

fotonen	grote range aan energieën inclusief röntgen en $\gamma$ -straling
elektronen	$\beta$ -straling (zowel positieve als negatieve elektronen)
alfadeeltjes	$\alpha$ -straling

Zware atoom kernen (atoommassa > 200) raken hun overvloedige energie veelal als  $\alpha$ -deeltjes kwijt ( $\alpha$ -stralers). Lichtere atomen emitteren eerder een electron ( $\beta$ -stralers). Bij vrijwel alle processen komen ook meer of minder energierijke fotonen vrij (licht, röntgen of gamma). Ioniserende straling ontleend zijn naam aan de mogelijkheid dat het uit een getroffen atoom elektronen kan vrijmaken. Hierdoor ontstaan radicalen die op hun beurt door willekeurige chemische reacties de feitelijke schade in de levende cel aanrichten. Overigens ontstaan ook bij andere processen in de cel radicalen en de cel beschikt dan ook over middelen om dit te neutraliseren. Bij een overmaat aan straling kan deze capaciteit ontoereikend zijn of wordt de kans groot op het ontstaan van schade aan het DNA en dus op het voorkomen van kanker (hoewel DNA over “repair-enzymen” beschikt).

### Begrippen en eenheden

De activiteit van een materiaal is gedefinieerd in termen van het aantal desintegraties per tijdseenheid. De gangbare S.I. eenheid is de Becquerel (Bq): één desintegratie/seconde. De historische eenheid is de Curie (Ci) die de hoeveelheid desintegraties van een gram  $^{226}\text{Ra}$  (radium) weergeeft.

Een karakteristieke grootte is de (fysische) halfwaardetijd  $T_{1/2}$  ( halveringstijd): de tijd nodig om de activiteit tot de helft te reduceren. Uitgaande van de formule voor de snelheid van radioactief verval:

$$A_t = A_0 e^{-\lambda t}$$

Waarin  $A_t, A_0$  respectievelijk de hoeveelheid isotoop is op een willekeurig tijdstip  $t$  en op de begintijd ( $t=0$ ),  $\lambda$  is de vervalconstante in  $\text{tijd}^{-1}$  en  $t$  de tijd. Als  $t = T_{1/2}$  dan is  $A_t$  gelijk is aan  $0,5 A_0$  en gaat de formule over in :  $0,5 = e^{-\lambda T_{1/2}}$  of  $\ln 2 = 0,693 = \lambda T_{1/2}$ . Dus  $T_{1/2}$  hangt van de vervalconstante  $\lambda$  af volgens:

$$T_{1/2} = 0,693/\lambda$$

Daarnaast worden de biologische en de effectieve halfwaardetijd gehanteerd.

De Biologische halfwaardetijd,  $T_b$  is de tijd die een organisme nodig heeft om de helft van wat het aan een isotoop binnenkrijgt uit te scheiden. De effectieve halfwaardetijd,  $T_{\text{eff}}$  is de

combinatie van de fysische en de biologische halfwaardetijden. De effectieve halfwaardetijd is de belangrijkste voor radio-isotopen in het menselijk lichaam en organismen. Wordt een stof snel uitgescheiden (biologische halfwaardetijd van enkele uren zoals Kalium-40 of tritium) dan doet een fysische halfwaardetijd van jaren niet ter zake. De halfwaardetijden worden uitgedrukt per eenheid van tijd (seconde, uur dag of jaar)

De relatie tussen  $T_{1/2}$ ,  $T_b$  en  $T_{eff}$  is:

$$T_{eff} = \frac{T_{1/2} * T_b}{T_{1/2} + T_b}$$

### *Blootstelling*

Blootstelling werd in het verleden aangegeven in Röntgen ( R ). Dit is de lading (aantal ionisaties) die in de lucht door gamma - of röntgenstraling wordt veroorzaakt. De SI eenheden zijn in termen van coulombs per kilogram lucht (C/kg)

$$1 R = 2,58 \cdot 10^{-4} C/kg$$

$$1 C/kg = 3,876 R$$

Een hoeveelheid straling geeft aan zijn omgeving per eenheid van massa een hoeveelheid energie af. Dit wordt wel KERMA (Kinetic Energy Released in MAss) genoemd. De SI eenheid is de Gray (in Joule/kg). De oude maat is de rad (radiation adsorbed dose):

$$1 \text{ gray (Gy)} = 100 \text{ rad}$$

$$1 \text{ rad} = 0,01 \text{ Gy}$$

Een blootstelling van 1 R ( $2,58 \cdot 10^{-4} C/kg$ ) correspondeert met een lucht kerma van ongeveer 8,7 mGy (0,87 rad) of een weefsel kerma van ongeveer 9,7 mGy (0,97 rad)

### *Geadsorbeerde dosis*

Als straling door een materiaal heen gaat wordt de energie door de omringende atomen geadsorbeerd. De hoeveelheid geadsorbeerde energie wordt uitgedrukt in Gray (Gy)  
Symbool: D.

### *Equivalente dosis*

De effecten verschillen per type straling en dit wordt door een factor (stralingsweegfactor  $w_r$ ) in rekening gebracht. Dit geeft de equivalente dosis (in Gray):

type straling	$w_r$
$\alpha$ -straling	20
$\beta$ -straling	1
$\gamma$ -straling	1

Een met stralingsweegfactor gecorrigeerde dosis ( $H_T$  : T van tissue = de equivalente dosis) voor een orgaan is:

$$H_T = w_r * D_{T,R}$$

waarin  $D_{T,R}$  is de gemiddelde geadsorbeerde dosis van straling R (radiation) in het betrokken orgaan T (van tissue) is.

### *Effectieve dosis*

De verschillende organen hebben elk hun eigen gevoeligheid voor het ontstaan van kanker door straling. Dit wordt verrekend met een weefselweegfactor  $W_t$ . De effectieve dosis E is bij gelijke stralingsbelasting dan ook voor elk orgaan anders. Rekening houdend met meerdere

soorten straling wordt de effectieve dosis in alle organen de gewogen som van de equivalente dosis voor elk type straling zodat geldt:

$$E_T = \sum_T w_t \cdot \sum_R w_R D_{T,R}$$

Waarden voor  $w_t$  lopen uiteen van 0,01 (huid) tot 0,20 (gonaden) en zijn gesommeerd over het hele lichaam 1.

Omdat de weegfactoren dimensieloos zijn is zowel de effectieve dosis als de equivalente dosis evenals de geabsorbeerde dosis in joule/kg. De eenheid voor de effectieve dosis heeft echter de naam Sievert (Sv) gekregen. De Gray geldt voor directe effecten (stralingsziekte) en de Sievert strikt genomen voor de kans op kanker. Deze kans om na de geabsorbeerde dosis kanker tijdens het leven te krijgen wordt geschat op 4 % per sievert. Stel 5 %/Sv dan geeft dit voor 10.000 bij een achtergrondniveau van 2 mSv:  $0,05 * 0,002 * 10^4 = 1$  kanker incidentie (1:10.000). Dit is laag vergeleken bij het werkelijke aantal. De effecten van de achtergrondstraling kan dan ook niet worden aangetoond.

Voorbeeld:

Iemand staat bloot aan straling met de volgende dosis:

3 mGy  $\alpha$ -straling

2 mGy  $\beta$ -straling

1 mGy  $\gamma$ -straling

De equivalente dosis bedraagt  $H_T = 3 * 20 + 2 * 1 + 1 * 1 = 63$  mSv (geabsorbeerd door het gehele lichaam)

De effectieve dosis voor de huid  $E_T = 63 * 0,01 = 0,63$  mSv

en voor de Longen ( $w_t = 0,12$ ) is  $E_T = 63 * 0,12 = 7,56$  mSv

Vaak wordt de dosis opgegeven als snelheid dosis/tijd. De eenheid is dan Sievert/dag of Sv/uur of Sv/jaar.

Oude eenheden voor de effectieve dosis is de rem (radiation effect on man) 1 rem = 100 Sv

## Overzicht van mogelijk vrij komende nucliden

Door de IAEA (International Atomic Energy Agency) is voor een aantal mogelijke nucleaire ongelukken weergegeven welke radio-nucliden van belang zijn.

### *Reactor meltdown met of zonder vrijkomen van contaminatie*

Van belang de eerste dag, radio-nucliden met halfwaardetijd van > 6 uur:

Y-90, Sr-91, Y-93, Nb-96, Zr-97, Mo-99, Rh-105, Pd-109, Ag-111, Pd-112, Cd-115, Sn-121, Sn-125, Sb-126, Sb-127, I-131, I-132, Te-131m, Te-132, I-133, I-135, La-140, Pr-142, Ce-143, Pr-143, Ba-146, Nd-147, Pm-149, Pm-151, Eu-152m, Sm-153, Sm-156, Eu-157, Np-239.

Van belang de eerste week, radionucliden met halfwaardetijd > 1 dag:

Rh-86, Sr-89, Y-90, Nb-95, Zr-95, Nb-96, Mo-99, Ru-103, Rh-105, Ag-111, Pd-112, Cd-115, Cd-115m, Sn-121, Sb-124, Sn-125, Sb-127, I-131, Te-131m, Te-132, I-133, Cs-136, Ba-140, La-140, Ce-141, Ce-143, Pr-143, Nd-147, Pm-149, Pm-151, Sm-153, Tb-160, Np-239.

Van belang op langere termijn:

H-3, Sr-89, Sr-90, Y-91, Nb-93m, Nb-95, Ru-103, Ru-106, Ag-110m, Cd-113m, Cd-115m, Sn-121m, Sn-123, Sb-124, Sb-125, I-129, Cs-134, Cs-137, Ce-141, Ce-144, Pm-147, Tb-160, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241, Pu-241, Cm-242, Pu-242, Am-243, Cm-244.

### *Reactor meltdown met deeltjes contaminatie*

Van belang de eerste dag, radionucliden met halfwaardetijd van > 6 uur:

H-3, Rb-88, Sr-89, Sr-90, Y-90, Sr-91, Y-91, Ru-103, Ru-105, Ru-106, I-121, I-123, I-132, I-134, I-135, Cs-136, Cs-138, Cs-139, Ba-139, Ba-140, La-140.

Van belang de eerste week, radionucliden met halfwaardetijd > 1 dag:

H-3, Sr-89, Sr-90, Ru-103, Ru-105, Ru-106, I-131, I-133, Ba-140, La-140.

Van belang op langere termijn:

H-3, Sr-89, Sr-90, Tc-99, Ru-103, Ru-106, I-129, I-131, Cs-137.

### *Lozing van een nucleaire brandstof productie fabriek*

Sr-90, Nb-95, Zr-95, Tc-99, Ru-103, Ru-106, I-129, I-131, Cs-134, Cs-137, Ce-141, Ce-144, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241, Pu-241, Cm-242, Pu-242, Am-243, Cm-244.

### *Lozing plutonium brandstof productie fabriek*

Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241, Pu-241, Pu-242.

### *Andere potentiële lozingsbronnen van kunstmatige radioactiviteit*

- Reactor meltdown met plutonium brandstof
  - Kweekreactor meltdown
  - Meltdown hoge flux radio-nucliden productie reactor (Petten, Mol)
  - Snelle flux reactor meltdown
  - Reactor meltdown op een nucleair aangedreven schip
  - Satelliet met een nucleaire bron, die terugvalt naar de Aarde
  - Fusie reactor met brandstof lozing
  - Kritische toestand van een reactor voor de productie van nucleaire brandstof
- Elk van deze ongelukken kan ervoor zorgen dat er een uniek spectrum van radio-nucliden kan vrijkomen.

## Wettelijke regelingen rond verpakking bij transport

Men staat er niet altijd bij stil maar er wordt nogal wat radiologisch materiaal over de weg vervoerd. Het betreft zowel industriële toepassingen (ondermeer apparaten) als isotopen voor de nucleaire geneeskunde. Regelingen zijn beschreven in het “Reglement Vervoer over Binnenwateren van Gevaarlijke stoffen (VBG) en Reglement Vervoer over Land van Gevaarlijke stoffen (VLG). Buiten de regelingen vallen Radioactieve stoffen waar van de specifieke activiteit minder is dan 74 Bq/g, Radioactieve stoffen bevattende en geïmplanteerde hartstimulatoren, aan een persoon toegediende radioactieve farmaceutische producten.

Afhankelijk van de hoeveelheid te transporteren radioactief materiaal en het risico dat daaraan verbonden is zijn transport verpakkingen in 13 categorieën verdeeld. De eerste vier betreffen vrijgestelde colli (verpakkingsmaterialen) dat bij normaal gebruik en vervoer geen problemen geeft. Dan drie categorieën voor stoffen met geringe (low) specifieke activiteit (LSA-1, LSA-2 en LSA-3) en een categorie voor oppervlakte besmetting (Surface Contaminated: SCO-1 en SCO-2).

Categorie 9: Radioactieve stoffen in colli (verpakking) van type A

Categorie 10 en 11: Radioactieve stoffen in colli van type B(U) (= unilateraal: binnenland) en categorie 11: B(M) (= multilateraal ofwel transport door meer landen).

Categorie 12: splijtbare stoffen

Categorie 13: Radioactieve stoffen die op grond van een speciale regeling worden vervoerd.

Vrijgestelde colli is stevig genoeg om verlies van de inhoud onder normale omstandigheden te voorkomen (LSA-1 tot en met 3). Een industrieel collo is een verpakking, een tank of container die stoffen met een geringe specifieke activiteit of dat voorwerpen met besmetting aan het oppervlak bevat en is ontworpen om te voldoen aan algemene eisen. Er is een onderverdeling in type 1,2 en 3 (IP-1,IP-2 en IP-3) met oplopende kwaliteitseisen.

Type a: De verpakking moet voldoen aan een reeks voorschriften zoals: “een proef door besproeiing met water, proef met vrije val, drukproef en een doorstoot proef.

Type B heeft extra valproeven (9 m), verhittingproef en onderdompelingproef in water.

Ook spijststoffen kennen een onderverdeling.

Verpakkingen hebben verplichte etiketten die afhankelijk van het stralingsniveau horen bij een veiligheidsklasse (I-wit, II-geel en III-geel).

Tabel 1 Overzicht etiketten.

Dosistempo in $\mu\text{Sv/h}$		Type etiket
Oppervlak colli	Op 1 meter	
< 5		I-wit
< 500	< 10	II-geel
< 2000	<100	III-geel
Nucleaire veiligheidsklasse		
	I	I-, II- resp. III-geel
	II	II- of III-geel
	III	III-geel

Op etiketten van categorie II en III-geel moet de Transport index staan Dit is het getal dat de hoogste waarde aangeeft van het dosistempo op 1 meter afstand van het oppervlak van het collo en wel als volgt:

- indien het dosistempo is uitgedrukt in  $\mu\text{Sv/h}$  is de transportindex (TI) gelijk aan deze getalswaarde gedeeld door 10,
- Wanneer het dosistempo is uitgedrukt in  $\text{mSv/h}$  is de transportindex (TI) gelijk aan deze getalswaarde vermenigvuldigd met 100.

Dit is een gevolg van het feit dat de TI is uitgedrukt in mrad ( $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$ ).

Een transport dient vergezeld te zijn van begeleidende documenten: vrachtbrief, transportvergunning, instructie voor de chauffeur en eventueel grenspapieren.

## **Instructie voor de chauffeur bij transport nucliden**

Deze instructie bevat waarschuwingen en instructies bij ongevallen zoals:

Bij defect raken van de verpakking rekening houden met :

- stralingsgevaar
- besmettingsgevaar
- deze gevaren zijn niet te ruiken, voelen , horen of zien.

Beschermingsmiddelen : Adembescherming, handschoenen en beschermende kleding.

Maatregelen bij ongeval tijdens transport (Voorbeeld):

- moter afzetten
- wegen en gevaar markeren (afzetten)
- omstanders op afstand houden
- boven de wind blijven
- blus met poeder
- raadpleeg een deskundige

## Bijlage 6. Voorbeeld van een ongeval met radioactieve stoffen

Deze beschrijving is een gewijzigde versie van een werkelijk gebeurd ongeval in de VS, Mississippi zoals beschreven in een document uit de veiligheid standaard serie van het Internationaal atoom Agentschap te Wenen [IAEA 2002].

### *Fictief scenario*

Een vrachtwagen met aanhanger die circa 80 km/uur rijdt op een provinciale weg wordt ingehaald door een personenwagen. De personenwagen raakt de aanhanger waardoor deze gaat slingeren en kantelt. De inhoud bestaande uit tal van colli met radiofarmaceutische stoffen wordt uit de aanhanger geslingerd en over een afstand van 200 meter verspreid aan beide zijden van de weg. Een deel komt in de naast de weg liggende vaart terecht.

Tabel 1. Gegevens over het transport uit de vrachtbief

Aantal	Type	Radio nuclide	Activiteit (Bq)	Transport Index (TI)	Fysisch Voorkomen	Halfwaarde tijd
2	Ex	H-3	$1,8 \cdot 10^7$	-	vloeistof	12,35 jaar
10	Type A	Ga-67	$2,3 \cdot 10^{10}$	6,9	vloeistof	78,23 uur
28	Type A	Mo-99*	$1,9 \cdot 10^{12}$	82,6	vast	65,94 uur
5	Type A	Mo-99**	$3,7 \cdot 10^9$	-	vast	65,94 uur
1	Ex	I-125	$2,2 \cdot 10^6$	-	vloeistof	59,39 dagen
37	Type A + Ex	I-131	$1,8 \cdot 10^{10}$	6,5	vloeistof & vast	8,02 dagen
12	Type A + Ex	Xe-133	$1 \cdot 10^{11}$	0,8	gas	5,245 dagen
1	Ex	Cs-137	$1,1 \cdot 10^6$	-	vloeistof	30,25 jaar
4	Type A + Ex	Tl-201	$1,4 \cdot 10^9$	0,1	vloeistof & vast	3,04 dagen
Totaal 82			$2 \cdot 10^{12}$	97		

\* Technetium generatoren, \*\* Uitgewerkte Technetium generatoren.

Dertig pakjes zijn beschadigd waarvan de inhoud vrij kan zijn gekomen. Het betreft één pakje met Gallium-67 en de negenentwintig overige pakjes jood-131 met activiteiten van respectievelijk 200 MBq en 40 MBq. De kapotte verpakking met Gallium-67 ligt in de berm langs de vaart en enkele pakjes drijven in de vaart.

### *Afwikkeling van de calamiteit*

#### De initiatie fase

De chauffeur van de vrachtwagen reageert volgens zijn instructies en informeert de politie. Deze is binnen 15 minuten ter plaatse. Brandweer arriveert kort daarna. De brandweer lieden dragen beschermende kleding en adembescherming. Een brandweerofficier, bekend met gevaarlijke stoffen, heeft via mobilfoon contact met de mensen in het veld. De brandweer is uitgerust met een stralingsmonitor en toont bij oppervlakkig screenen een verhoogd stralingsniveau aan op de plaats van het ongeval. De politie zet de weg af.



### De controle fase

Het lokale crisismanagement verwittigt de Inspectie voor Volksgezondheid dat er sprake is van een ongeluk met radioactief materiaal en dat er enige straling in het veld is aangetoond. Enkele experts stralingshygiëne van het RIVM zijn drie uur later ter plaatse.

De experts treffen een afgezet wegdeel aan, een vernielde aanhanger en verspreidt liggende verpakkingen van nucleair geneeskundige aard. Zij inventariseren met de vrachtbrief, overige bescheiden en de situatie in het veld, de aard van de bronnen, de staat waarin de verpakkingen zich bevinden alsmede de omvang van de verspreiding. Bovendien controleren zij de betrokken personen (inclusief hulpverleners) en auto's op straling. De stralingsniveaus blijken zich te beperken tot enkele locaties in de berm, waaronder de oever. Het blijkt dat er geen direct gevaar is voor de volksgezondheid. Besloten wordt dat het materiaal opgeruimd wordt door de vervoerder en de verzender van de farmaceutische producten.

### Beheers en nazorgfase (opruimen en controle)

Vertegenwoordigers van de vervoerder en de producent zijn circa 8 uur later ter plaatse. De verspreidt liggende colli worden verzameld en in speciale kartonnen dozen gedaan.

Verpakkingen die in de vaart drijven worden opgevist. Een garage bedrijf sleept de aanhanger en de personenauto weg. Op de plaats waar jodium mogelijk verspreid is wordt de toplaag van de bodem in de berm verwijderd en in containers gedaan (circa 80 dm<sup>3</sup> grond). Één locatie aan de oever is ook besmet. Het waterschap is over de verontreiniging ingelicht. In overleg tussen het Waterschap en het RIZA wordt besloten om een tweetal watermonsters en een tweetal sedimentmonsters ter plaatse te nemen en te analyseren. De watermonsters blijken geen verhoogde activiteit te hebben. In een sedimentmonster nabij de oever wordt een laag gehalte aan Ga-67 gevonden. Een dragline verwijderd een halve m<sup>3</sup> sediment van de toplaag die wordt afgevoerd. Een diepgaand en systematische onderzoek van de omgeving wordt uitgevoerd. Er wordt een straling van 70 – 100 nSv/h gemeten op de bodem. Dit komt vrijwel overeen met het niveau van de natuurlijke achtergrond.

16 uur na het ongeluk kan de weg weer worden vrijgegeven voor algemeen gebruik. Binnen 24 uur is het verontreinigd slib in een aantal vaten (vergelijkbaar aan de afgevoerde grond) als licht radioactief afval afgevoerd op kosten van de veroorzaker.