

RIVM rapport 610100001/2002

**Emissies en doses door bronnen van  
ioniserende straling in Nederland -  
Jaarrapport 2001 'Beleidsmonitoring straling'**

H Eleveld, RO Blaauboer, PC Görts,  
MPM Janssen, PJM Kwakman en MJM Pruppers

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directoraat Generaal Milieubeheer, Directie Stoffen,  
Afvalstoffen en Straling, in het kader van project M/610100/01 'Ondersteuning beleid  
ioniserende straling', mijlpaal 'Jaarrapport beleidsmonitoring straling'.

RIVM, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven, telefoon: 030 - 274 91 11; fax: 030 - 274 29 71

## Abstract

This first annual report on 'Radiation policy monitoring' gives an overview of the human-induced radiation doses in the Netherlands. Also investigated are the course in time and the effect of policy on the radiation dose of members of the public.

Radiation doses are attributed to the enterprises responsible for these doses. For practical reasons the enterprises are divided into the following categories: nuclear facilities, the process industry, medical institutions and companies for non-destructive testing. Consumer products that contain radioactive substances are also discussed. The radiation dose due to radon in indoor air and building materials is not investigated because a separate policy is being developed.

Current policy and the associated permit granting are explained so as to enable monitoring of the influence of policy. Policy already carried out in the past is used to obtain a full picture of the developments regarding permits and emissions by the enterprises under study.

Emissions from nuclear facilities are shown to be in the order of 0.1 to 10% of the permitted emissions. The radiation dose caused by air and water emissions from the facilities are found to be in the (sub) $\mu$ Sv range, where the dose for members of the public as a result of external radiation remains at a factor of 10 below the permitted dose. The effect of the policy can be indicated to the extent that the radiation dose due to emissions into air and water remain low, partly because reporting requirements in EU context stipulate that water and air emissions be demonstrable as low as reasonably achievable.

The discharges of radionuclides from the process industry have decreased, partly because of improved cleaning techniques and partly because of two company closures. Here, the influence of environmental policy in general and radiation protection policy in particular, is not unambiguously determined.

The introduction of aggregate permits has greatly improved the survey of permitted equipment in medical institutions, making it now easier to determine the radiation levels due to these institutions. A number of medical institutions have adopted measures such as improvement of shielding, adjustments of borders of premises and access restrictions. The policy introduced has had its effect here.

Assuming a standard dose assessment, the limit per premise for about 50 of the locations belonging to the NDO companies could be exceeded. However, the actual radiation dose is expected to be lower. Considering the incomplete picture of the course in time of the radiation dose due to these companies, the influences of the policy cannot (yet) be indicated.

# Inhoud

## Samenvatting 5

### 1 Inleiding 7

- 1.1 Aanleiding 7
- 1.2 Situatieschets 7
- 1.3 Afbakening 8
- 1.4 Doelstelling van het jaarrapport 8
- 1.5 Aanpak en leeswijzer 8

### 2 Categorieën ondernemers 11

- 2.1 Inleiding 11
- 2.2 Nucleaire installaties 12
- 2.3 Procesindustrie 13
- 2.4 Medische instellingen 15
- 2.5 NDO-bedrijven 17
- 2.6 Overige ondernemers en stralingsbronnen 17

### 3 Stralingsbeschermingsbeleid in Nederland 19

- 3.1 Inleiding 19
- 3.2 Algemeen beleid 19
- 3.3 Specifiek beleid 21
  - 3.3.1 Nucleaire installaties 21
  - 3.3.2 Procesindustrie 22
  - 3.3.3 Medische instellingen 22
  - 3.3.4 NDO-bedrijven 23
  - 3.3.5 Overige stralingsbronnen 25

### 4 Vergunningen 27

- 4.1 Inleiding 27
- 4.2 Soorten vergunningen 27
- 4.3 Rolverdeling 28
- 4.4 Vergunningverleningsbeleid 28
  - 4.4.1 Algemeen 28
  - 4.4.2 Nucleaire installaties 29
  - 4.4.3 Procesindustrie 30
  - 4.4.4 Medische instellingen 30
  - 4.4.5 NDO-bedrijven 31
  - 4.4.6 Overige stralingsbronnen 31
- 4.5 Overzichten verleende beschikkingen 31

### 5 Emissies 39

- 5.1 Inleiding 39
- 5.2 Nucleaire installaties 39
- 5.3 Procesindustrie 48
- 5.4 Medische instellingen 54
- 5.5 NDO-bedrijven 60
- 5.6 Overige stralingsbronnen 61

### 6 Stralingsbelasting 63

- 6.1 Inleiding 63
- 6.2 Nucleaire installaties 63

- 6.3 Procesindustrie 63
- 6.4 Medische instellingen 65
- 6.5 NDO-bedrijven 69
- 6.6 Overige stralingsbronnen 71

**7 Discussie, conclusies en aanbevelingen 73**

**Referenties 77**

**Bijlage 1 Verzendlijst 81**

**Bijlage 2 Afkortingen 82**

## Samenvatting

Dit eerste jaarrapport 'Beleidsmonitoring straling' geeft een beschrijving van de stralingsbelasting in Nederland die door menselijk handelen is toegevoegd. Daarbij is het verloop in de tijd en de invloed van het beleid op de stralingsbelasting voor leden van de bevolking onderzocht.

De stralingsbelasting wordt toegerekend aan de daarvoor verantwoordelijke ondernemers. Om praktische redenen zijn die ingedeeld in de categorieën: nucleaire installaties, procesindustrie, medische instellingen en bedrijven die niet-destructief onderzoek uitvoeren (NDO-bedrijven). Daarnaast zijn van de overige bronnen van straling de gebruiksartikelen besproken, waarin bewust radioactieve stoffen zijn verwerkt. De stralingsbelasting voor leden van de bevolking door radon in woningen en bouwmaterialen wordt niet behandeld, omdat hiervoor afzonderlijk beleid wordt ontwikkeld.

Om de invloed van het beleid te kunnen monitoren, wordt nader ingegaan op het huidige beleid en de daaraan gekoppelde vergunningverlening. Voor een compleet beeld van de ontwikkeling rondom de vergunningen en emissies van bedrijven en instellingen is tevens het beleid besproken dat in het verleden is gevoerd.

De lozingen van de nucleaire installaties blijken meestal in de orde van grootte van 0,1 à 10 % van de vergunde limieten te zijn. De stralingsbelasting van de lozingen van de installaties in lucht en water bevindt zich in het (sub-)  $\mu\text{Sv}$ -bereik, terwijl de dosis voor leden van de bevolking ten gevolge van externe straling een factor 10 beneden de vergunde dosis blijft. De invloed van het beleid is in zoverre aan te geven dat de stralingsbelasting als gevolg van lozingen in lucht en water laag blijft, mede door rapportageverplichtingen in EU-verband waarbij aantoonbaar moet worden gemaakt dat die lozingen zo laag als redelijkerwijs mogelijk zijn.

De lozingen van radionucliden door de procesindustrie zijn afgenomen, deels als gevolg van verbeterde reinigingstechnieken, deels door sluiting van twee bedrijven. Hierin is echter de invloed van het milieubeleid in het algemeen en het stralingshygiënebeleid in het bijzonder niet eenduidig vast te stellen.

Door de invoering van inrichtings- en complexvergunningen is het overzicht van vergunde apparatuur en radiofarmaca in de medische instellingen sterk verbeterd. Het is nu eenvoudiger om de stralingsbelasting als gevolg van die instellingen te bepalen. Om aan de vergunde dosis te kunnen voldoen, is door een aantal instellingen maatregelen getroffen zoals een verbetering van de afscherming, aanpassing van de terreingrens en beperking van de toegang. Het gevoerde beleid heeft hierop invloed gehad.

Uitgaande van een standaard dosisschatting zou de locatielimiet voor een vijftigtal locaties van NDO-bedrijven worden overschreden. De werkelijke stralingsbelasting zal waarschijnlijk lager zijn. Aangezien een onvolledig beeld bestaat van de ontwikkeling van de stralingsbelasting door deze bedrijven, is de invloed van het beleid (nog) niet aan te geven.



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

In 1997 ontving het Laboratorium voor Stralingsonderzoek van RIVM de opdracht van de toenmalige afdeling Straling en Nucleaire Veiligheid van de DGM-directie Stoffen, Veiligheid en Straling om een informatiesysteem voor beleidsmonitoring te ontwikkelen. De opdracht was mede ingegeven door de verplichting vanuit de Europese Unie dat de bevoegde autoriteiten van elk lidstaat erop toe moet zien dat de doses ten gevolge van handelingen voor leden van de bevolking zo realistisch mogelijk worden geschat, zie artikel 45 van referentie [1]. Uitgaande van de gegevens in dit informatiesysteem wenste DGM met een nog overeen te komen regelmaat een rapportage over de belangrijkste bronnen van ioniserende straling en de stralingsbelasting als gevolg van deze bronnen. Het gaat dan alleen om die stralingsbelasting die door menselijk handelen is verhoogd en die onderwerp is van het stralingshygiënische beleid in Nederland.

In februari 1998 werden de resultaten van de definitiestudie gerapporteerd [2]. In dit rapport werd geadviseerd om in een pilotstudie als eerste stap op weg naar het systeem voor beleidsmonitoring nader onderzoek te doen naar de benodigde en beschikbare gegevens. Tijdens de pilotstudie heeft er regelmatig interdepartementaal overleg tussen de belanghebbende beleidsdirecties van de ministeries van VROM, SZW en VWS plaatsgevonden, waarbij ook de betrokken inspecties waren vertegenwoordigd. De eisen en wensen van alle betrokken partijen en de ervaringen die met enkele typische bronnen van straling waren opgedaan, zijn vastgelegd in het pilotstudierapport [3]. De interdepartementale discussie over wanneer welke rapportage moet worden opgeleverd, heeft vooralsnog geleid tot het voornemen om jaarlijks een rapport uit te laten brengen over bronnen en emissies die van belang zijn voor de stralingsbelasting van leden van de bevolking.

Het voorliggende rapport is het eerste jaarrapport. Alle relevante categorieën bronnen van ioniserende straling komen aan de orde. Om praktische redenen is echter nog niet elke categorie tot in alle detail uitgewerkt. Het is de bedoeling om in de jaarrapporten die de komende jaren zullen verschijnen, uiteindelijk alle categorieën tot in vergelijkbaar detail te behandelen. Eens in de vier à vijf jaar volgt er een speciale, meer complete, versie van het jaarrapport, dat ook naar de Tweede Kamer kan worden verzonden.

## 1.2 Situatieschets

Emissies van radioactieve stoffen en straling naar het milieu kunnen als volgt worden ingedeeld: (1) lozingen in lucht, (2) lozingen in water en (3) emissie van externe straling door een radioactieve stof of toestel. Vrijgekomen radioactiviteit verspreidt zich via diverse belastingspaden, zoals de lucht, depositie op de bodem en landbouwproducten, drinkwater, visproducten enz., en leidt na opname via de blootstellingswegen inhalatie, ingestie en externe blootstelling aan straling afkomstig van radionucliden in de lucht en op de bodem tot een dosis voor leden van de bevolking. Voor het berekenen van de dosis zijn modellen nodig voor luchtverspreiding, voor watersverspreiding, voor verspreiding via bodem en de daaraan gekoppelde voedselketen, voor de inname van de radionucliden en tenslotte voor de absorptie van straling in het lichaam na de inname van de activiteit of rechtstreeks via externe blootstelling. Deze modellen zijn meestal complex en het vergt uitgebreide kennis en ervaring om ze verantwoord te kunnen gebruiken. Omdat dit bij het aanvragen en verlenen van

vergunningen ongewenst is, zijn de vereiste berekeningen teruggebracht tot eenvoudige vermenigvuldigingen met dispersie-, transfer- en dosisconversiecoëfficiënten. In sommige gevallen moeten de complexe modellen wél worden toegepast.

### **1.3 Afbakening**

Het stralingsbeschermingsbeleid richt zich in principe op de bescherming van drie groepen personen. Het milieubeleid richt zich op leden van de bevolking, het arbeidshygiënisch beleid op personen in de werksituatie en het volksgezondheidsbeleid op personen die met straling medisch worden onderzocht en behandeld. In dit rapport wordt alleen ingegaan op de gevolgen voor leden van de bevolking. Deze bevinden zich meestal buiten de locatie waar radioactieve stoffen of straling uitzendende toestellen worden toegepast. De belasting van blootgestelde werknemers en van personen die om medische redenen met straling worden onderzocht of behandeld, komt niet of hooguit zijdelings aan de orde. De stralingsbelasting voor leden van de bevolking door radon in woningen en de daarbij te hanteren stralingsprestatienorm worden niet behandeld omdat afzonderlijk beleid wordt ontwikkeld.

### **1.4 Doelstelling van het jaarrapport**

Het informatiesysteem voor beleidsmonitoring zal op termijn alle relevante gegevens over bronnen van radioactieve stoffen en ioniserende straling in Nederland bevatten. Met deze gegevens worden overzichten van de blootstelling aan straling in Nederland gemaakt en analyses van de invloed van het stralingsbeschermingsbeleid op deze blootstelling uitgevoerd.

Het jaarrapport beoogt antwoord te geven op de volgende vragen:

- Hoe is de situatie rond de stralingsbelasting die door menselijk handelen tijdens normaal bedrijf is toegevoegd?
- Hoe zijn de ontwikkelingen in de afgelopen tijd geweest en hoe zijn deze te verklaren?
- Wat is de invloed van het beleid op de stralingsbelasting geweest?

### **1.5 Aanpak en leeswijzer**

Eerst is een indeling van de bronnen van straling in categorieën gemaakt. Daarbij hebben vooral praktische overwegingen zoals de beschikbaarheid van gegevens een grote rol gespeeld. Er is wel naar volledigheid gestreefd. Vervolgens zijn van de belangrijkste categorieën gedetailleerde gegevens verzameld, bewerkt en opgeslagen: de nucleaire installaties, de procesindustrie, de grote medische instellingen en de bedrijven die niet-destructief onderzoek uitvoeren (NDO-bedrijven). De gegevens zijn tenslotte gebruikt bij het maken van de overzichten in dit rapport.

De belangrijkste geraadpleegde informatiebronnen zijn:

- 1 Vergunningen en bijbehorende aanvragen via het bureau Beschikkingen van de Arbeidsinspectie, Centraal Kantoor van het ministerie van SZW.
- 2 Digitale bestanden met vergunningen die door bureau Beschikkingen de afgelopen jaren zijn verleend.
- 3 Archieven van VROM/SNB en VROM-Inspectie.
- 4 Radiologische en andere jaarverslagen van vergunninghouders.

Hoofdstuk 2 geeft de indeling van de bronnen van straling, de bijbehorende argumentatie en een beschrijving van de onderscheiden categorieën. Hoofdstuk 3 geeft een samenvatting van het



stralingshygiënisch milieubeleid voor zover het van belang is voor de gegevens in de rest van het rapport. In dit hoofdstuk zijn de resultaten van een discussiebijeenkomst met vertegenwoordigers van SNB verwerkt. Hoofdstuk 4 gaat in op de vergunningen die de afgelopen jaren in het kader van vooral het Besluit stralenbescherming Kernenergiewet [4] zijn verstrekt. In het bijzonder wordt ingegaan op het vergunningverleningsbeleid en er worden overzichten gegeven van milieuaspecten in deze vergunningen. Hoofdstuk 5 bevat de overzichten van de situatie in Nederland: per ondernemerscategorie worden vergunde en werkelijke emissies naast elkaar geplaatst. Hoofdstuk 6 gaat per ondernemerscategorie apart en voor alle categorieën samen in op de individuele en collectieve doses voor leden van de bevolking. Hoofdstuk 7, tenslotte, bespreekt de bevindingen van voorgaande hoofdstukken en geeft aanbevelingen voor vervolgonderzoek.



## 2 Categorieën ondernemers

### 2.1 Inleiding

In dit rapport is het volgende model gehanteerd om oorzaken en gevolgen met elkaar in verband te brengen. Een *ondernemer* heeft een *bron* voorhanden of past deze toe (of enz.) ten behoeve van een *handeling of werkzaamheid*. Met bron wordt hier een radioactieve stof of toestel bedoeld. Bij de handeling of werkzaamheid ontstaat een *emissie* van radioactieve stoffen of straling die leidt tot een *stralingsbelasting* bij één of meer *personen*. De ondernemer wordt in dit verband gezien als de veroorzaker van de stralingsbelasting en als degene die verantwoordelijk is voor de stralingsbescherming van de persoon of personen. Omdat het stralingsbeschermingsbeleid van de overheid zich, voor zover het het milieubeleid betreft, primair op deze verantwoordelijke ondernemers richt, is in dit rapport het type ondernemer als primaire indeling gehanteerd.

De volgende categorieën ondernemers zijn onderscheiden: nucleaire installaties, procesindustrie, medische instellingen, NDO-bedrijven en ‘overige ondernemers’. In de hierna volgende paragrafen worden per categorie ondernemers de belangrijkste bronnen en handelingen of werkzaamheden nader beschreven.

De bronnen (radioactieve stoffen en toestellen) zijn als volgt ingedeeld. Voor nadere uitleg over de besluiten die hierna worden aangehaald, wordt verwezen naar paragraaf 3.2.

- Bronnen, zoals gedefinieerd in het Besluit stralingsbescherming [5] die weer verder zijn ingedeeld in
  - toestellen (incl. versnellers, echter geen *after loading* toestellen),
  - natuurlijke bronnen (fosfaaterts), en
  - kunstmatige bronnen
    - open bronnen (ook personen die met  $^{131}\text{I}$  zijn behandeld)
    - radioactieve afvalstoffen (schroot)
    - ingekapselde bronnen (ook Ir-draden).
- Bronnen, zoals gedefinieerd in het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen.
- Overige bronnen, zoals de bronnen die door het Besluit vervoer worden gereguleerd en bronnen zoals ‘radon in woningen’ en ‘bouwmaterialen’.

De bronnen ‘kosmische straling’, ‘van nature in het menselijk lichaam aanwezige radionucliden’ en ‘terrestrische straling’ vallen buiten de reikwijdte van dit rapport. Het rapport beperkt zich immers tot de ‘door menselijk handelen verhoogde stralingsbelasting’.

De toepassingen waarvoor de ondernemer de bron gebruikt, zijn ingedeeld in handelingen en werkzaamheden. Handelingen zijn al die toepassingen waarbij een radioactieve stof of toestel wegens de radioactieve of stralingseigenschappen wordt gehanteerd. Ook het in bezit hebben van een toestel wordt als een handeling gezien. Werkzaamheden zijn activiteiten met natuurlijke bronnen waarbij de ioniserende straling niet functioneel is, maar wel onvermijdelijk aanwezig is.

De lijst van soorten handelingen en werkzaamheden is lang en zeer divers. Bij de indeling van de soorten handelingen en werkzaamheden worden in de diverse beleidsterreinen (zie paragraaf 3.1) meestal praktische argumenten gehanteerd. Voor de dosisregistratie van blootgestelde werknemers wordt in het Nationaal Dosis Registratie en Informatie Systeem

(NDRIS) uitgegaan van soorten radiologisch werk [6]. Voor informatie over personen die met straling medisch worden onderzocht of behandeld ligt het voor de hand om het type medische verrichting als indeling te gebruiken [7]. Hier wordt volstaan met een opsomming van de soorten handelingen en werkzaamheden die bijvoorbeeld vóórkomen in vergunningen en andere beschikkingen die door bureau Beschikkingen in afgelopen jaren zijn verstrekt (zie hoofdstuk 4):

- reactorbedrijf
- verwerking en opslag radioactief afval
- verrijking
- productie, bewerking en hantering van fosfor; fosforzuur; kunstmest; cement; cokes, sinter, pellets en ruwijzer; minerale zanden; olie en gas; katalysatoren
- productie radioactieve stoffen
- medische diagnostiek
- medische therapie
- tuberculosebestrijding
- bestraling van bloedproducten en medische hulpmiddelen
- voedsel-doorstraling
- veterinaire diagnostiek
- niet-destructief onderzoek, gamma- en radiografische werkzaamheden
- gaschromatografie
- röntgendiffractie en -spectrografie
- analysedoeleinden (materiaal, metaal, zwavel)
- concentratie-, dikte-, dichtheids-, vochtigheids-, gramgewichts-, niveau-, volumemeting
- geofysische metingen
- ijkdoeleinden
- onderwijs-, instructie- en oefendoeleinden
- demonstratiedoelinden
- wetenschappelijk onderzoek en andere onderzoeksdoeleinden
- bagage-inspectie
- uitsluitend opslag (tijdelijk)
- vervoer radioactieve stoffen
- toepassingen van verarmd uranium
- gebruiksartikelen (aanwijsinstrumenten, rookmelders, gloeikousjes e.d.; deze werden voorheen consumentenproducten genoemd)

## 2.2 Nucleaire installaties

De groep nucleaire installaties in Nederland bestaat uit de kerncentrales in Borssele en Dodewaard, de opslagfaciliteit voor radioactief afval COVRA, de onderzoeksreactoren in Petten en bij IRI in Delft en de verrijkingsfabriek Urenco.

### *Kerncentrales Borssele en Dodewaard*

De kerncentrale Borssele (1366 MW<sub>th</sub>, 485 MW<sub>e</sub>) en tot enkele jaren geleden de kerncentrale Dodewaard (voorheen: 183 MW<sub>th</sub>, 58 MW<sub>e</sub>) passen beide kernsplijting toe van verrijkt uranium voor de opwekking van warmte en elektrische energie. Bij normaal bedrijf zijn <sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C en halogenen, zoals <sup>131</sup>I, de belangrijkste radionucliden in ventilatielucht. In afvalwater zijn het splijtingsproducten, zoals <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs en activeringsproducten, zoals <sup>54</sup>Mn en <sup>60</sup>Co. De kerncentrale Dodewaard levert sinds maart 1997 geen elektriciteit meer. De bestraalde splijtstof is echter nog niet volledig afgevoerd.

### *Opslag radioactief afval COVRA*

De COVRA verwerkt vloeibaar radioactief afval en slaat vast radioactief afval op. Ook vindt er verbranding plaats van kadavers van proefdieren. De mogelijk te lozen radionucliden naar lucht zijn voornamelijk  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$  en  $^{131}\text{I}$ ; naar water is het afhankelijk van de afvalaanbieder zoals bijvoorbeeld een onderzoeksreactor, een ziekenhuis, een C-lab en dergelijke. Gezien de kosten voor opslag bij de COVRA wachten de aanbieders van radioactief afval eerst het verval van kortlevende radionucliden af. Daardoor zullen er in de regel weinig kortlevende radionucliden door de COVRA verwerkt en geloosd worden.

### *Onderzoeksreactor IRI te Delft*

De Technische Universiteit Delft heeft op haar terrein de Hoger Onderwijs Reactor staan met als doel onderzoek en onderwijs op het gebied van radionucliden, reactorkunde en materiaalonderzoek. Daartoe heeft het de beschikking over een kernreactor van 2 MW<sub>th</sub>, een gepulseerde Van de Graaff elektronenversneller en diverse experimenteerfaciliteiten en laboratoria. Het belangrijkste nuclide dat in lucht geloosd wordt, is  $^{41}\text{Ar}$ .

### *Onderzoekscentrum Petten*

Op het terrein van ECN, Petten, staan een hoge flux reactor (60 MW<sub>th</sub>) en een lage flux reactor (30 kW<sub>th</sub>) en een molybdeen-technetium fabriek van Tyco Healthcare, alsook enkele onderzoekslaboratoria, waaronder die van het GCO (Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek van de EU). Het afvalwater wordt gecombineerd geloosd zodat de herkomst van de radionucliden in het afvalwater niet altijd traceerbaar is. De belangrijkste nucliden die in lucht geloosd worden zijn edelgassen en  $^3\text{H}$ . De lozingen in water worden gedomineerd door een verzameling van beta- en gammastralers.

### *Verrijkingsfabriek Urenco*

De verrijkingsfabriek Urenco gebruikt ultracentrifuges om het gehalte van 0,71 %  $^{235}\text{U}$  in natuurlijk uranium zodanig te verhogen (verrijken) tot het voor kernsplijting geschikt is. Hiervoor wordt natuurlijk uranium omgezet in relatief vluchtig uraanhexafluoride. Dit gebeurt niet in Almelo maar in door de klant te bepalen fabrieken. Het uraniumhexafluoride wordt in containers over zee en via wegtransport naar Almelo vervoerd. De mogelijk te lozen radionucliden naar lucht en water beperken zich dan ook hoofdzakelijk tot  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  en enkele kortlevende vervalproducten.

## **2.3 Procesindustrie**

De procesindustrie omvat die bedrijven die grondstoffen omzetten in halffabrikaten of eindproducten door middel van chemische of fysische bewerkingen. De stralingsbelasting wordt veroorzaakt door het verwerken en opslaan van natuurlijke bronnen. Hierbij kan lozing en concentratie (ook naar het eindproduct) van radionucliden optreden, bijvoorbeeld door de gebruikte hoge temperaturen. Bij de opslag is de mogelijke radioactiviteit van grondstoffen, afvalstoffen en het eindproduct van belang. Een verdere bron van stralingsbelasting is het gebruik van toestellen en ingekapselde bronnen.

De van belang zijnde industrie in het kader van de stralingsbescherming is bepaald door te kijken naar de gebruikte procestemperatuur (in verband met het ontsnappen van  $^{210}\text{Pb}$  en

$^{210}\text{Po}$ ) en de gebruikte ertsen of andere grondstoffen. Zo bevatten veel delfstoffen hoge radionuclideconcentraties. Ter bepaling van de relevante bedrijven is de SPIN-rapportage [8] gebruikt, die een overzicht van de Nederlandse industrie geeft. Het aantal ondernemingen dat van belang kan zijn is circa 125\*. Voor de voorliggende eerste rapportage is een selectie van de belangrijkste vijf gemaakt. Deze keuze is gemaakt aan de hand van de schattingen door RIVM van de hoogte van het destijds in het beleid gehanteerde maximale Multifunctioneel Individueel Risico (MIR) en Actueel Individueel Risico (AIR) [9]. In de toekomst kan dit aantal worden uitgebreid.

De selectie van de vijf te beschouwen bedrijven bestaat uit Hydro Agri, Kemira, ThermPhos, Eggerding en Corus. Ook ENCI zou voor selectie in aanmerking komen [9], maar heeft geen vergunning voor de lozingen. Bij dit bedrijf bestaat onzekerheid over de lozingshoeveelheden en vergunningsplicht. De olie- en gaswinning komt ook in aanmerking voor nadere bestudering, door onder andere de grote hoeveelheid  $^{222}\text{Rn}$  die wordt geloosd en de opslag van radioactief besmette productiemiddelen op daarvoor aangewezen terreinen. Om praktische redenen was behandeling van deze olie- en gasonderneming in deze rapportage nog niet mogelijk.

Per geselecteerd bedrijf wordt in het volgende een korte beschrijving gegeven van de voor dit rapport relevante gegevens.

#### *Hydro Agri en Tessenderlo Chemie (Vlaardingen) [10]*

Hydro Agri beëindigde eind 1999 de productie van fosforzuur uit fosfaaterts. Het bedrijf paste een nat proces toe, het hemi-dihydraatproces. Het afvalproduct gips werd op de Nieuwe Waterweg geloosd. Het fosforzuur is zowel eindproduct als grondstof voor kunstmest- en voederfosfaatproductie. Dit laatste werd sinds 1995 geproduceerd door Tessenderlo Chemie. De emissies vonden plaats op dezelfde wijze als bij Kemira.

#### *Kemira (Pernis) [11]*

Kemira staakte eind augustus 1999 de productie van kunstmest op de basis van fosforzuur. Dit fosforzuur werd met een nat proces, het Nissan HRC-proces, uit fosfaaterts gewonnen. Het hierbij ontstane gips werd op de Nieuwe Waterweg geloosd. Een deel van het geproduceerde fosforzuur werd geëxporteerd. De radiologische emissies bestonden voornamelijk uit de lozing van radionucliden in het afvalgips op de Nieuwe Waterweg. Verder was er een luchtlozing door de verliezen die bij het lossen van erts plaatsvinden en een  $^{222}\text{Rn}$ -emissie bij het productieproces. Deze radonemissie wordt in de vergunningen niet genoemd. Naast de externe straling vanuit het erts en de gebruikte bronnen is er nog een emissie van radioactieve stoffen via het product (kunstmest).

#### *ThermPhos (Vlissingen)*

ThermPhos (voorheen Hoechst) produceert elementair fosfor uit fosfaaterts. Dit fosfor wordt gedeeltelijk gebruikt voor de productie van fosforzuur en andere fosforhoudende chemicaliën. De emissies bestaan vooral uit  $^{210}\text{Pb}$  en  $^{210}\text{Po}$ , dat vrijkomt door de hoge procestemperatuur.

---

\* Dit is exclusief de bedrijven die alleen  $^{222}\text{Rn}$  lozen als gevolg van het gebruik van aardgas in industrie en bij olie- en gaswinning.

Deze lozingen zijn zowel in het oppervlaktewater als in de lucht. Verder zijn er emissies door opslag van radioactief afvalstof, het gebruik van kunstmatige bronnen, waarvan een deel in de ovenwand is ingebouwd en gedeeltelijk in de afvalslak terecht komt.

#### *Corus (IJmuiden)*

De hier relevante afdeling is Corus Staal B.V. (voorheen Hoogovens Staal), dat ijzer en staal maakt van ijzererts, schroot en steenkool. De emissies vinden voornamelijk plaats via de luchtzijdige lozingen van  $^{210}\text{Pb}$  en  $^{210}\text{Po}$ , die vrijkomen door de hoge procestemperatuur en door lozingen op het oppervlaktewater van water dat bij gaswassing gebruikt is. Verder worden ingekapselde bronnen en toestellen gebruikt en is er in het verleden radioactief slib opgeslagen.

#### *Eggerding (Amsterdam)*

Dit expeditie- en veembedrijf handelt in minerale zanden, ertsen en mineralen. Er worden grondstoffen op- en overgeslagen. De behandelingen bestaan uit het verpakken, malen en zeven van de producten. De stralingsbelasting wordt veroorzaakt door stofemissie uit ventilatiekanalen en door verwaaiing tijdens op- en overslag. Verder is er een lozing op water door verwaaiing en door lozing van bedrijfsafvalwater. Door de opslag van natuurlijke radioactieve stoffen is er ook een bijdrage door externe straling

## **2.4 Medische instellingen**

Er zijn in Nederland circa 650 toegelaten medische instellingen waar patiënten worden opgenomen en verpleegd [12]. Daarnaast zijn er instellingen waar dagbehandeling van patiënten plaatsvindt. In de overige medische instellingen, zoals verpleeghuizen en psychiatrische ziekenhuizen, is het aantal stralingstoepassingen beperkt [7]. Daarnaast zijn er nog diverse andere locaties waar straling voor medische doeleinden wordt toegepast, zoals in tandartspraktijken, bij GGD'en en bloedbanken, ten behoeve van tuberculosebestrijding en bevolkingsonderzoek en in particuliere praktijken en privéklinieken. Een totaaloverzicht van de stralingstoepassingen binnen al deze medische instellingen ontbreekt. Voor de bescherming van leden van de bevolking buiten deze instellingen zijn vooral de radiotherapeutische toepassingen en de toepassingen van open bronnen relevant. Deze toepassingen vinden vrijwel uitsluitend plaats binnen de academische ziekenhuizen, de algemene ziekenhuizen en de centra waar patiënten voor kanker worden behandeld.

De stralingstoepassingen in medische instellingen worden naar het doel van de toepassing hier ingedeeld in diagnostiek, therapie en onderzoek, waarbij met onderzoek de verzameling handelingen in laboratoria, dus buiten de patiënt, wordt bedoeld. Diagnostiek vindt plaats met toestellen (beroepsgroep radiologie) of met open bronnen (beroepsgroep nucleaire geneeskunde). Therapie vindt plaats met toestellen, versnellers en ingekapselde bronnen (beroepsgroep radiotherapie) of met open bronnen (beroepsgroep nucleaire geneeskunde). Tabel 1 geeft per type instelling een overzicht van het aantal instellingen waar de diverse beroepsgroepen vóórkomen. Naast de algemene en de academische ziekenhuizen zijn in dit overzicht de kankerklinieken en de radiotherapeutische instellingen onderscheiden. In de radiotherapeutische instellingen vindt, in tegenstelling tot de andere drie instellingen, alleen dagbehandeling van patiënten plaats. Radiotherapie en nucleaire geneeskunde zijn meestal ondergebracht in speciale afdelingen, terwijl radiodiagnostiek op verschillende ziekenhuisafdelingen plaatsvindt.

*Tabel 1 Aantal medische instellingen waar radiodiagnostiek, nucleaire geneeskunde en radiotherapie worden toegepast, per type instelling in 1999 [13]*

	radio- diagnostiek	nucleaire geneeskunde diagnostiek	therapie	radio- therapie
algemene ziekenhuizen	102	56	22	7
academische ziekenhuizen	8	8	8	7
kankerklinieken	2	2	2	2
radiotherapeutische instellingen	6	1	1	6
totaal	118	67	33	22

Radiodiagnostiek wordt in 118 instellingen, behorende tot de categorieën in Tabel 1, toegepast. Meestal is het zo dat de radiotherapeutische instellingen diagnostiektoestellen als simulator voor de dosisplanning gebruiken. Radiotherapie wordt toegepast in de 22 instellingen die op grond van de Wet Bijzondere Medische Verrichtingen [14, 15] zijn erkend, terwijl nucleaire geneeskunde in 67 instellingen wordt toegepast. Nucleaire geneeskunde wordt maar in één van de 6 radiotherapeutische instellingen toegepast. Deze instellingen zijn overigens vaak gelieerd aan ziekenhuizen waar wel nucleaire geneeskunde wordt toegepast.

Om praktische redenen zijn nog niet alle 118 in Tabel 1 genoemde medische instellingen grondig bestudeerd. De informatie in dit rapport beperkt zich daarom tot de instellingen waar radiotherapie met versnellers of ingekapselde bronnen wordt toegepast, mede omdat deze instellingen wat de stralingsbelasting voor leden van de bevolking betreft vermoedelijk het meest belangrijk zijn. Daar is het enige academisch ziekenhuis zonder radiotherapie aan toegevoegd\*. In totaal zijn er dus 23 instellingen geselecteerd. De informatie zal later worden uitgebreid tot de instellingen waar <sup>131</sup>I-therapie wordt uitgevoerd [13, 16] en de instellingen met een afdeling nucleaire geneeskunde. Hoewel in andere medische instellingen vermoedelijk geen open stoffen worden toegepast zal dit nog nader moeten worden onderzocht. Naast deze medische instellingen zijn er instellingen waar geen patiënten worden behandeld, zoals bloedbanken, waar wel grote ingekapselde bronnen aanwezig kunnen zijn. Een nadere inventarisatie van deze instellingen en de bronnen die er zich bevinden, is eveneens gewenst.

In Tabel 2 is per doel van de toepassing weergegeven hoe de diverse soorten bronnen in de geselecteerde instellingen worden ingezet. In het overzicht zijn <sup>137</sup>Cs-bronnen en ijkbronnen die in die instellingen voor bestraling van bloedproducten of cellen worden gebruikt, niet meegenomen.

*Tabel 2 Aantal medische instellingen waar open en ingekapselde bronnen, röntgentoestellen en versnellers worden toegepast, per type toepassing. De informatie is beperkt tot de 23 geselecteerde medische instellingen*

	open bronnen	ingekapselde bronnen	Röntgentoestellen	versnellers
diagnostiek	18	6	23	-
therapie	18	19	13	22
onderzoek	11	5	11	-

\*Op de locatie van dat ziekenhuis staat een versneller die beheerd wordt door een radiotherapeutische instelling.



## 2.5 NDO-bedrijven

Niet-destructief onderzoek (NDO) in Nederland wordt uitgevoerd door een viertal ‘grote’ bedrijven, te weten de Röntgen Technische Dienst, Materiaal Metingen Europa, SGS Technische Inspecties en AIB Vinçotte Nederland BV, en tien tot twintig kleinere en deels buitenlandse bedrijven. De grote bedrijven hebben veelal diverse vestigingen of steunpunten binnen Nederland. Groot en klein heeft hierbij vooral betrekking op de mate waarin het niet-destructief onderzoek wordt verricht. Het komt bijvoorbeeld voor dat een scheepsbouwbedrijf zo groot is dat het het eigen niet-destructief onderzoek uitvoert. Andere bedrijven huren daarvoor een gespecialiseerd bedrijf in.

Het totaal aan werkzaamheden van de gespecialiseerde bedrijven bestaat meestal maar voor een deel uit het uitvoeren van radiografie met röntgentoestellen en eventueel versnellers en gammagrafie met ingekapselde bronnen. Daarnaast worden namelijk ook niet-radiologische methoden toegepast, zoals in ultrasoon, magnetisch, penetrant, wervelstroom of gewoon visueel onderzoek. Veelal bieden de gespecialiseerde bedrijven ook andere diensten aan, zoals het doen van metingen, certificering, opleiding en advisering.

Het onderzoek in deze bedrijfstak richt zich, voor zover het radiografie en gammagrafie betreft, op het controleren van lassen en opsporen van oneffenheden in diverse meestal metalen objecten, zoals buizen, bruggen, leidingen, ketels en scheepswanden. De werkzaamheden vinden veelal op industrieterreinen bij andere bedrijven plaats, maar ook in speciale bunkers bij de NDO-bedrijven zelf. Onderzoek aan bijvoorbeeld leidingen en bruggen kan ook langs de openbare weg plaatsvinden.

Er worden twee soorten bronnen toegepast: röntgentoestellen met enkele honderden kV buisspanning en in enkele gevallen MV versnellers en ingekapselde bronnen. De meest gebruikte radionucliden in de ingekapselde bronnen zijn  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{169}\text{Yb}$ ,  $^{170}\text{Tm}$  en  $^{192}\text{Ir}$ . De activiteit van deze bronnen bedraagt, afhankelijk van de toepassing, enkele honderden GBq tot enkele TBq per stuk. In totaal worden er in Nederland naar schatting enkele honderden toestellen en ingekapselde bronnen toegepast. Bij diverse controlewerkzaamheden wordt gebruik gemaakt van zogenaamde *alloy analyzers*. Hierin wordt vaak gebruik gemaakt van bronnen met  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{109}\text{Cd}$  en  $^{241}\text{Am}$ .

Omdat de werkzaamheden door NDO-bedrijven vaak op wisselende plaatsen worden uitgevoerd, moeten de toestellen en ingekapselde bronnen worden vervoerd en soms in tijdelijke opslagplaatsen worden opgeslagen. De diverse steunpunten in het land herbergen ook vaak opslagplaatsen met een meer permanent karakter. Bij het vervoer buitengaats, bijvoorbeeld van en naar boorplatforms, kan er tevens sprake zijn van in- en uitvoer van bronnen.

Een laatste situatie waarin NDO-bedrijven voor blootstelling van leden van de bevolking zorgen, wordt gevormd door het afvoeren naar COVRA van ingekapselde bronnen die vanwege hun afgenomen radioactiviteit niet meer bruikbaar zijn.

## 2.6 Overige ondernemers en stralingsbronnen

Tot de groep van ‘overige ondernemers’ behoren die ondernemers waarvoor nog weinig gedetailleerde gegevens zijn verzameld of die in de totale emissie vermoedelijk een minder

relevante rol spelen. In Tabel 3 zijn de categorieën ondernemers geplaatst naast de codes die in NDRIS voor werkgevers worden toegepast. De eerste vier categorieën ondernemers zijn in de paragrafen hiervoor aan de orde geweest. Het totaalbeeld van de emissies en stralingsbelasting voor de twee categorieën ‘industrie’ en ‘onderwijsinstellingen en onderzoeksinstituten’ is nu nog onvoldoende bekend.

*Tabel 3 Categorieën ondernemers die in dit rapport worden gehanteerd versus de codes voor werkgevers in NDRIS en vice versa*

ondernemers-categorie	NDRIS-codes voor werkgevers
nucleaire installaties	07, 08
procesindustrie	09
medische instellingen	01, 02, 03, 05
NDO-bedrijven	09
industrie (excl. procesindustrie)	09
onderwijsinstellingen en onderzoeksinstituten (excl. ac. ziekenhuizen)	06, 10
overige ondernemers	04, 11, 12, 13

NDRIS-code	werkgever
01	ziekenhuizen (niet-universitair) en (bedrijfs-) geneeskundige diensten
02	ziekenhuizen (uitsluitend universitair)
03	tandheeskundige praktijken/centra
04	diergeneeskundige praktijken/centra
05	diverse particuliere praktijken
06	universiteiten (excl. ziekenhuizen en reactoren)
07	researchreactoren
08	kernenergiecentrales
09	industrie/bedrijfsleven
10	openbare diensten en bedrijven/semi-overheidsinstellingen en onderwijsinstellingen
11	overheden/inspecties
12	defensie
13	niet in te passen

Van de overige stralingsbronnen die hiervoor nog niet zijn genoemd, maar die vanuit stralingsbeschermingsoogpunt toch van belang zijn, wordt in de rest van dit rapport alleen ‘gebruiksartikelen’ nader beschouwd.

#### *Gebruiksartikelen*

Met gebruiksartikelen worden in dit rapport ‘producten of toestellen of diverse bronnen waarin bewust radioactieve stoffen zijn verwerkt en die zonder speciaal toezicht aan leden van de bevolking kunnen worden aangeboden’ bedoeld. Deze definitie is afkomstig uit een EU-rapport [17] en luidt in het Engels ‘*manufactured products or appliances or miscellaneous sources in which radionuclides have been intentionally incorporated and which can be supplied to members of the public without special surveillance*’. De categorie ondernemers die voor gebruiksartikelen van belang is, omvat voornamelijk de producenten, leveranciers en verkopers van deze producten.

## 3 Stralingsbeschermingsbeleid in Nederland

### 3.1 Inleiding

In dit rapport zijn bij het beschrijven van de ontwikkelingen in de stralingsbelasting die door menselijk handelen wordt toegevoegd, de definities gebruikt die in het Besluit stralingsbescherming zijn opgenomen [5]. De nieuwe terminologie is, voor zover mogelijk, ook voor de situatie in het verleden gebruikt.

### 3.2 Algemeen beleid

De wetgeving op het gebied van de stralingsbescherming in Nederland is vastgelegd in de Kernenergiewet (Kew). Dit is een raamwet waaraan een aantal algemene maatregelen van bestuur in de vorm van besluiten is gekoppeld. De belangrijkste besluiten zijn het Besluit stralingsbescherming (Bs) [5], het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Bkse) [18] en het Besluit vervoer splijtstoffen, ertsen en radioactieve stoffen (Besluit vervoer) [19]. Het Besluit stralenbescherming Kernenergiewet (BsK) [4] is per 1 maart 2002 vervallen, maar is van belang in verband met de destijds afgegeven vergunningen. De verandering hangt samen met de implementatie van de Euratom richtlijnen 96/29/Euratom (basisnormen) en 97/43/Euratom (medische stralingstoepassingen) [1, 20].

De internationale praktijk van de stralingsbescherming gaat uit van een drietrapsysteem bestaande uit rechtvaardiging, optimalisatie en dosislimieten, in de aangegeven volgorde:

- RECHTVAARDIGING: een handeling of werkzaamheid is slechts gerechtvaardigd als de afweging van voordelen en nadelen een netto gunstig resultaat oplevert.
- OPTIMALISATIE: de blootstelling aan straling moet zo laag worden gehouden als redelijkerwijs mogelijk is, waarbij economische en sociale aspecten mee worden genomen. De optimalisatie is een invulling van het ALARA-beginsel (ALARA = *as low as reasonably achievable*).
- DOSISLIMIETEN: er gelden dosislimieten die niet mogen worden overschreden.

Het genoemde drietrapsysteem vormt ook de basis van het stralingsbeschermingsbeleid in Nederland.

#### *Rechtvaardiging*

Rechtvaardiging is in de wetgeving vastgelegd in het Bs (art. 4) en het Bkse (art. 18). In het Bs worden zowel economische als sociale voordelen beschouwd, bij de nadelen wordt alleen de gezondheidsschade, dus de stralingsbelasting, beschouwd. In het kader van het Bs is een ministeriële regeling in voorbereiding met als bijlage twee lijsten: één met gerechtvaardigde en één met niet-gerechtvaardigde handelingen en werkzaamheden.

#### *Optimalisatie*

Naast het principe van de rechtvaardiging wordt optimalisatie toegepast. In de praktijk wordt er veelal een afweging gemaakt tussen de mate van een mogelijke risicoreductie, de kosten van de reductie en de financiële draagkracht van het bedrijf. In de wetgeving is het ALARA-beginsel vastgelegd in art. 15c, derde lid en art. 31, eerste lid, Kew alsmede in art. 5, Bs en in art. 33, tweede lid, Bkse. Optimalisatie kan bovendien worden gerealiseerd door een nieuw beleidsinstrument, namelijk de dosisbeperking. Een dosisbeperking is een waarde van de dosis

die wordt gehanteerd als plafondwaarde bij de planning van bepaalde handelingen. De voor de dosisbeperking gehanteerde waarde van de dosis zal daarbij beneden de dosislimiet liggen.

Er wordt een waarde (het zogenaamde secundair niveau (SN)) gehanteerd waaronder de overheid de invulling van het ALARA-principe aan de vergunninghouder overlaat. Voor water- en luchtlozingen is het SN vastgesteld op 1  $\mu\text{Sv}$  effectieve dosis in een kalenderjaar, voor externe straling bedraagt het SN 10  $\mu\text{Sv}$  in een kalenderjaar. Voor lozingen is de dosis lager, omdat daar meer mensen aan kunnen blootstaan dan aan externe straling.

### *Dosislimieten*

De dosislimieten vervullen een vangnetfunctie, namelijk indien het toepassen van rechtvaardiging en ALARA niet voldoende is om een bepaald beschermingsniveau te bereiken. De door de richtlijn 96/29/Euratom aangegeven effectieve dosislimiet van 1 mSv voor leden van de bevolking ten gevolge van alle bronnen tezamen is in Bs-art. 6 overgenomen; deze limiet wordt de cumulatieve limiet genoemd. In hetzelfde artikel wordt verwezen naar art. 48 waarin is aangetekend dat de ondernemer ervoor zorgt dat de effectieve dosis ten gevolge van handelingen die onder zijn verantwoordelijkheid vallen buiten de locatie niet hoger is dan 0,1 mSv in een kalenderjaar; deze limiet wordt de locatielimiet genoemd.

### *Doses en vergunningverlening*

In het Bs, art. 3, derde lid wordt de basis geleverd om de verschillende binnen de vergunningverlening gehanteerde doses te toetsen aan de dosislimieten. De volgende doses voor leden van de bevolking zijn hierbij van belang, zoals is aangegeven in de ministeriële regeling Analyse Gevolgen van Ioniserende Straling (MR-AGIS) [21]:

- INDIVIDUELE DOSIS (ID): de dosis die een individu kan ontvangen door onbeschermd 24 uur per dag blootgesteld te worden aan een bron of locatie. Hierbij dient te worden vermeld dat dit geen realistische benadering is.
- MULTIFUNCTIONELE INDIVIDUELE DOSIS (MID): de dosis die een individu kan ontvangen uitgaande van bewoning in de buurt van de locatie. Ook deze situatie is niet altijd realistisch, gezien het feit dat in voorkomende gevallen het terrein naast de locatie geen woonbestemming heeft.
- ACTUELE INDIVIDUELE DOSIS (AID): de dosis die wordt bepaald uitgaande van de specifieke situatie, waarbij rekening wordt gehouden met de actuele functie. De individuele dosis wordt dan gecorrigeerd met de zogenoemde Actuele Blootstellings Correctiefactoren (ABC-factoren), waardoor de actuele individuele dosis ontstaat.

Een belangrijke ontwikkeling met verregaande consequenties voor het stralingshygiënische beleid is dat alle handelingen en werkzaamheden op één locatie als één geheel worden beschouwd. Deze zienswijze heeft zijn intrede gedaan met de wijziging van het BsK in 1996 [22]. Door de invoering van het 'één vergunning per locatie'-beleid werd zowel voor de vergunninghouder als voor de overheid het overzicht van de binnen instellingen aanwezige stralingsbronnen vergroot. Tevens kwam daarmee de verantwoordelijkheid voor het naleven van de vergunning meer centraal binnen een organisatie te liggen waar eerst sprake was van vele verschillende personen of diensten.

## 3.3 Specifiek beleid

### 3.3.1 Nucleaire installaties

Het stralingsbeschermingsbeleid rond nucleaire installaties is conform het algemene beleid gebaseerd op de principes rechtvaardiging, optimalisatie en toepassing van dosislimieten. Optimalisatie vindt plaats in de ontwerpfase van een nucleaire installatie, dus voordat de activiteit is aangevangen, en in de bedrijfsfase door de vergunninghouder nadat de handeling is toegestaan. Op grond van het Bs moet in verband met handelingen met radioactieve stoffen en toestellen de doses ontvangen door personen buiten een inrichting zo laag als redelijkerwijs mogelijk gehouden worden en mag in geen geval meer bedragen dan  $0,1 \text{ mSv}\cdot\text{a}^{-1}$ .

Met betrekking tot de beoordeling van nucleaire veiligheid is in Nederland de laatste jaren aansluiting gezocht bij het internationaal gehanteerde stelsel van veiligheidsnormen, de zogenaamde IAEA Codes and Safety Guides [23]. De IAEA Codes beschrijven de hoofddoelstellingen en voorwaarden waaraan moet worden voldaan en de Safety Guides geven acceptabele manieren van uitvoering weer. De IAEA Codes zijn waar nodig aangepast en mede op advies van de Commissie Reactorveiligheid vervolgens door de ministers van SZW en VROM vastgesteld als de voor Nederland geldende Nucleaire Veiligheidsregels (NVR's) [24]. Ook het merendeel van de Safety Guides is inmiddels als NVR vastgesteld [25]. Sinds 1992 is in de vergunningen van de kernenergiecentrales opgenomen dat, voorzover dit redelijkerwijs verlangd kan worden, voldaan dient te worden aan deze Nucleaire Veiligheidsregels.

Lozingen worden bewaakt, analytisch bepaald en gerapporteerd op een wijze die vooraf met de VROM-Inspectie is besproken. Deze beziet de lozingen tegen de achtergrond van de in Duitsland toegepaste methoden die gedetailleerd zijn beschreven in *Sicherheitstechnische Regel des Kerntechnischer Ausschuss* [26]. Indien van de toegestane lozingen in ventilatielucht of afvalwater op één dag meer is geloosd dan 5 % van de vergunde hoeveelheden per jaar, dan dient dit terstond aan VROM-Inspectie en Kernfysische Dienst te worden gemeld.

De landen die het OSPAR-verdrag hebben ondertekend onderschrijven de doelstelling namelijk '*the protection of the marine environment of the North-East Atlantic*'. In het kader van dit verdrag zijn alle deelnemende landen verplicht om lozingen die uiteindelijk in het noordoosten van de Atlantische Oceaan terecht komen te melden. Radioactiviteitslozingen zijn daar een onderdeel van. Daarnaast dienen de deelnemende landen ongeveer elke vier jaar aannemelijk te maken dat zij bij het lozen van chemische of radioactieve stoffen gebruik maken van de *best available techniques* (BAT) en de *best environmental practices* (BEP). In Nederland is de afdeling VROM/DGM/SAS verantwoordelijk voor het verzamelen en het rapporteren van de Nederlandse lozingsgegevens [27].

Met ingang van 1 juli 1999 is de zorg voor de Kernenergiewet en voor de op deze wet gebaseerde regelgeving, voor zover het de taken van het ministerie van EZ betreft, overgegaan naar het ministerie van VROM [28]. Deze overgang is ingegeven doordat op grond van internationale verdragen een functiescheiding tussen enerzijds de vergunningverlening en het toezicht en anderzijds de promotie van kernenergie moet bestaan. Bovendien zijn het belang van kernenergie en de aspiraties van Nederland om deze te bevorderen afgenomen. De nadruk ligt nu veel meer op de stralingsbescherming.

Het beleid van de Nederlandse overheid is erop gericht om kerncentrale Borssele eind 2003 te sluiten. Er is echter nog geen consensus over de sluitingsdatum bij alle betrokken partijen. Na sluiting van de kerncentrale Dodewaard is besloten dat de definitieve ontmanteling en afbraak van de centrale na een wachttijd van 40 jaar zal plaatsvinden [29].

### 3.3.2 Procesindustrie

Een deel van de procesindustrie bestaat uit bedrijven die al lang bestaan. Pas in de jaren tachtig werd beseft dat sommige van deze bedrijven radioactieve stoffen loosden. Het is in dit soort gevallen juridisch niet mogelijk om de bedrijfsvoering direct te doen staken, maar het is wel noodzakelijk dat de bedrijven zo goed mogelijk aan de eisen uit de Kew voldoen.

Hoewel in Nederland het stralingsbeschermingsbeleid op het gebied van werkzaamheden al enige jaren in de praktijk, en dan vooral in de vergunningverlening, wordt toegepast, is het pas met het Besluit stralingsbescherming concreet in de wet opgenomen.

### 3.3.3 Medische instellingen

In het stralingsbeschermingsbeleid voor medische instellingen vindt steeds een afweging plaats tussen de voor- en nadelen van de toepassing voor de patiënt, de stralingsbescherming van radiologisch werkers en leden van de bevolking. Daarbij staat een zorgvuldige toepassing van de beginselen rechtvaardiging en optimalisatie centraal. De medische beroepsgroep speelt vanuit de aard van de toepassing bij de afwegingen een belangrijke rol.

De regelgeving ten aanzien van stralingsbescherming in medische instellingen is vastgelegd in het Bs, artikelen 52-75. Het specifieke stralingsbeschermingsbeleid is vastgelegd in de nota Medische stralingstoepassingen [30], de Richtlijn I-131 therapie, de Richtlijn Radionucliden-therapie [31] en de Richtlijn radionuclidenlaboratoria [32]. Daarnaast bieden nota's van adviescolleges zoals de vroegere Nationale Raad voor de Volksgezondheid (NRV) [33] en de Gezondheidsraad [34] en publicaties, verslagen en rapportages van de inspectie [35], aanbevelingen van beroepsgroepen, ziekenhuisprotocollen en notulen een bron van informatie over het stralingsbeschermingsbeleid.

#### *Rechtvaardiging*

Rechtvaardiging vindt plaats op twee niveaus: rechtvaardiging van het type radiologische verrichting in algemene zin en bij iedere individuele radiologische verrichting. Rechtvaardiging in algemene zin is vastgelegd in het Besluit Stralingsbescherming. De in dit besluit vastgelegde regelgeving bouwt voort op zorgvuldigheidseisen zoals die in andere wetgeving is neergelegd en geeft aanvullende voorschriften: zie de uitleg in hoofdstuk 6 van de nota van toelichting van het Bs. De minister van VWS kan bijvoorbeeld bekend maken welke typen radiologische verrichtingen niet gerechtvaardigd zijn, zie art. 55 lid 2, Bs. Nieuwe toepassingen dienen gerechtvaardigd te worden voordat ze algemeen gebruikt worden. Rechtvaardiging in algemene zin wordt in alle gevallen getoetst bij de vergunningaanvraag. De toepassingen die vanuit stralingshygiënisch oogpunt minder gewenst zijn, zullen beargumenteerd moeten worden indien alternatieven voorhanden zijn. Rechtvaardiging van individuele radiologische verrichtingen vindt plaats vanuit de medische beroepsgroepen volgens art. 56, Bs.

### *Optimalisatie*

Sleutelbegrippen bij optimalisatie zijn onderricht van personeel, protocollering van de verrichtingen en kwaliteitsbewaking van apparatuur en radiofarmaca. De voorschriften hiervoor zijn vastgelegd in de artikelen 58-75 van het Bs.

De aanbeveling van de NRV [33] om optimalisatie te realiseren via de ontwikkeling van een verantwoordelijkheidsstructuur voor de stralingshygiëne leidde in 1993 tot een gezamenlijk voorstel van drie ministeries en zes beroepsgroepen [35]. De nadruk lag daarbij op de organisatie van de stralingshygiëne als basis voor de kwaliteitsbewaking van apparatuur en radiofarmaca en van het gebruik ervan. Een groot aantal concrete aanbevelingen en beleidsvoornemens daartoe waren reeds in het advies van de NRV [33] en de nota Medische stralingstoepassingen [30] uiteengezet en betroffen onder andere de nascholing en opleiding, stralingsdeskundige kwalificatie, installatie van apparatuur, controle op het gebruik en buitengebruikstelling.

Via het Besluit bijzondere medische verrichtingen, dat inhoudt dat het zonder vergunning verboden is radiotherapie uit te voeren of radiotherapie-apparatuur aan te schaffen [36], heeft het ministerie van VWS invloed op het aantal megavolttoestellen en brachytherapiebronnen en de geografische spreiding ervan. De toepassing van radiotherapie is momenteel in 22 gespecialiseerde instellingen geconcentreerd en is mede gebaseerd op overwegingen van doelmatigheid en deskundigheidsbevordering, zoals vastgelegd in art. 75, Bs.

In de vergunningen is veel van de hierboven genoemde adviezen en richtlijnen terug te vinden. Vaak zijn nauwkeurig omschreven regels gesteld aan de installatie en het gebruik van toestellen, het toepassen van radiofarmaca en het registreren en rapporteren van de verrichtingen.

### *Dosislimieten*

Voor patiënten bestaan, in tegenstelling tot blootgestelde werknemers en leden van de bevolking, geen dosislimieten. Wel wordt binnen de verschillende beroepsgroepen gepoogd om tot standaardisatie van de dosering te komen door middel van adviezen en richtlijnen. Voor therapie met open stoffen worden in de vergunningen vaak maximale doseringen aangegeven, voor diagnostiek met radiofarmaca wordt vaak verwezen naar de aanbevelingen van de NVNG [37].

### **3.3.4 NDO-bedrijven**

Het stralingsbeschermingsbeleid voor de NDO-bedrijfstak is gericht op een veilige opslag van ingekapselde bronnen, een voor werknemers en bevolking veilig gebruik van bronnen en toestellen, een juiste afvoer of overdracht van bronnen na gebruik, een regelmatige controle op juiste werking en een juiste administratieve afhandeling via registratie, beheer en melding.

Melding aan een of meer van de betrokken inspecties, te weten de Arbeidsinspectie (SZW), de VROM-Inspectie en het Staatstoezicht op de Mijnen (EZ) is slechts nodig in geval van incidenten. Handelingen voor derden buiten de inrichting van het NDO-bedrijf dat vergunninghouder is, behoeven alleen bij de betrokken regionaal directeur van de Arbeidsinspectie te worden gemeld.

In het stralingsbeschermingsbeleid is in de afgelopen periode het een en ander veranderd. De belangrijkste wijzigingen zijn in het Bs:

- Praktische bescherming van zogenaamde externe werknemers, naar aanleiding van een Euratom-richtlijn [38]. Dit gebeurt deels via de instelling van het stralingspaspoort, Bs, art. 94 en 95.
- Voor de NDO-bedrijfstaking dienden ondernemers van een inrichting, alwaar door een NDO-bedrijf handelingen worden uitgevoerd, een administratie bij te houden van de diverse handelingen en de ontvangen doses. Dit werd wenselijk geacht in verband met mogelijke cumulatie van doses als werkzaamheden door verschillende NDO-bedrijven op hetzelfde terrein plaatsvinden. Echter, in de praktijk leek cumulatie niet veel voor te komen. Daarnaast vormt de administratie een onnodige last voor een groot aantal bedrijven en deze wordt door de wijze van onderaanneming veelal ook nog bemoeilijkt. Vandaar dat er tijdelijk, dat wil zeggen vanaf 7 januari 1998 tot het moment van de herziening van het BsK, aan alle NDO-bedrijven een ontheffing van BsK art. 74a is verstrekt en de administratieplicht is overgegaan op de vergunninghouder, dat wil zeggen het NDO-bedrijf. De herziening van het BsK is per 30 december 1998 doorgevoerd [39] en is in het Bs opgenomen in art. 121, derde lid.
- Het aantal opnamen vormt de basis van de stralingsbelasting voor de omgeving van de inrichting. In een conservatieve schatting komen 3300 opnamen per jaar overeen met een stralingsbelasting van 0,1 mSv per jaar, de locatielimiet (zie Bs, nota van toelichting bij art. 121). Indien degene die de NDO-handelingen binnen de locatie verricht een redelijk vermoeden heeft dat het aantal van 3300 opnamen per locatie in een kalenderjaar wordt overschreden, dan dient diegene dat te melden aan de minister van VROM en aan zijn opdrachtgever, (volgens Bs art. 121, lid 4).
- Een andere belangrijke wijziging wordt gevormd door de wijze van administreren van alle stralingshygiënische gegevens. Tot enkele jaren geleden diende er jaarlijks een rapportage aan de Arbeidsinspectie en aan de coördinator Vergunningen Kernenergiewet over aanwezigheid van bronnen en toestellen te worden gestuurd. Tevens dienden de bedrijven de administratie van alle controlemetingen en het beheerssysteem waarin de werkzaamheden met de bronnen en toestellen werden bijgehouden twee jaar te bewaren. Sinds het in gebruik nemen van een modelvergunning voor NDO dient de gehele administratie, die nu vijf jaar dient te worden bewaard, bij de vergunninghouder te liggen, zie Bs, art. 121, lid 5. Met de nieuwe modelvergunning zijn de vergunningen van NDO-bedrijven overigens veel uitgebreider en ze zijn voorzien van diverse eisen betreffende opslag en toepassing van de bronnen en toestellen, de constructie van de bronnen en toestellen, periodieke controles, registraties en meldingen, belasting van personen en het milieu, eisen aan de organisatie, werkzaamheden, afval, enz.

Omdat het huidige beleid meer gericht is op het milieu en de algemene bevolking dan vroeger het geval was, kunnen zich knelpunten voordoen. Zo worden soms door NDO-bedrijven werkzaamheden aan de terreingrens van een bedrijf uitgevoerd, opdat de medewerkers van het betreffende bedrijf zo gering mogelijk worden blootgesteld. Echter, er kan dan sprake zijn van overtreding van de vergunning wat betreft de milieubelasting. In voorkomende gevallen leidt dit tot een tegenstrijdigheid in belangen.



### 3.3.5 Overige stralingsbronnen

Deze paragraaf bevat alleen voor gebruiksartikelen aanvullend specifiek beleid voor zover dat relevant wordt geacht.

#### *Gebruiksartikelen*

In het Nederlandse beleid wordt onderscheid gemaakt in gebruiksartikelen met activiteitsconcentraties en totale activiteit boven en onder de zogenaamde vrijstellingsniveaus [5]. Daarnaast worden de twee dosiscriteria gehanteerd: een individuele dosis van  $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$  en een collectieve dosis van  $1 \text{ mensSv}\cdot\text{a}^{-1}$ . RIVM heeft onderzoek uitgevoerd naar de individuele en de collectieve dosis die gebruiksartikelen in diverse fasen van hun bestaan veroorzaken: de opslag- en handelsfase, de gebruiksfase en de afvalfase [40]. Mede naar aanleiding van het onderzoek en het niet-radioactief alternatief worden ionisatierookmelders uitgefaseerd en mogen die na 31 december 2005 niet meer worden verkocht [41]. Daarentegen is het gebruik van ionisatierookmelders vanaf die datum nog wel toegestaan.



## 4 Vergunningen

### 4.1 Inleiding

Volgens de Kernenergiewet is het verboden om zonder vergunning radioactieve stoffen voorhanden te hebben, te gebruiken en er zich van te ontdoen, behoudens een aantal nader gedefinieerde uitzonderingen. Naast deze vergunningplicht bestaat er voor sommige handelingen en werkzaamheden een meldingsplicht. Met de invoering van het Besluit stralingsbescherming wordt de meldingsplicht meer dan voorheen toegepast.

De vergunningen worden door de nationale overheid verleend, meestal krachtens een van de besluiten (zie paragraaf 3.2). Vanwege de aard van de toepassingen van radioactieve stoffen en straling zijn vooral de ministeries van SZW, VROM en VWS hierbij betrokken. De veranderde rol van het ministerie van EZ is al in paragraaf 3.3.1 genoemd. In het geval dat er lozingen in lucht en/of oppervlaktewater plaatsvinden, dienen ook de ministers van V&W en LNV te worden betrokken. De afdeling Beschikkingen van het ministerie van SZW is verantwoordelijk voor het administratief afhandelen van de vergunningverlening en fungeert als centraal postadres.

Hierna wordt eerst ingegaan op de soorten vergunningen en de activiteiten van de afdeling Beschikkingen. Vervolgens wordt aanvullend op het voorgaande hoofdstuk nader op het algemene en het voor elke categorie ondernemers specifieke vergunningverleningsbeleid ingegaan. Dit hoofdstuk besluit met enkele overzichten van vergunningen en andere beschikkingen die de afgelopen jaren zijn verstrekt.

### 4.2 Soorten vergunningen

De Kernenergiewet bevat de volgende algemene artikelen over de vergunningsplicht.

- Art. 15a Het is verboden zonder vergunning *splijtstoffen of ertsen* voorhanden te hebben, dan wel zich daarvan te ontdoen.
- Art. 15b Het is verboden zonder vergunning een *inrichting*, waarin kernenergie kan worden vrijgemaakt, splijtstoffen kunnen worden vervaardigd, bewerkt of verwerkt, dan wel splijtstoffen worden opgeslagen, op te richten, in werking te brengen of te houden of te wijzigen.
- Art. 29 Het is verboden zonder vergunning *radioactieve stoffen* te bereiden, te vervoeren, voorhanden te hebben, toe te passen, binnen Nederlands grondgebied te brengen of te doen brengen, dan wel zich daarvan te ontdoen.
- Art. 34 Bij algemene maatregel van bestuur kunnen met het oog op de bescherming van mensen, dieren planten en goederen regelen worden gesteld betreffende *ioniserende stralen uitzendende toestellen*.

Aanvullend is er in de algemene maatregelen van bestuur een aantal relevante artikelen opgenomen, zoals de artikelen 4 (vierde en vijfde lid), 23, 24 en 25 van het Besluit stralingsbescherming over gevallen waarin een vergunning is vereist bij handelingen met radioactieve stoffen en toestellen. Uit het Besluit vervoer splijtstoffen, ertsen en radioactieve stoffen zijn de artikelen 2, 23 en 26 van belang en uit het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen de artikelen 41 t/m 44 betreffende vrijstellingen voor het voorhanden hebben en het zich ontdoen van splijtstoffen en ertsen.

In bijlage 2 van het definitiestudierapport is reeds vermeld dat een indeling van de vergunningen naar gelang het artikel in de Kernenergiewet, inclusief de artikelen uit de van toepassing zijnde besluiten, voor de hand ligt [2]. Echter, de praktijk van de vergunningverlening is gecompliceerder. Daar wordt verder onderscheid gemaakt tussen diverse vergunningen, zoals een toestelvergunning en een inrichtingsvergunning zoals een verzamelvergunning of een complexvergunning; zie bijvoorbeeld de Richtlijn radionuclidenlaboratoria [32].

In het vervolg van dit hoofdstuk wordt de term beschikking gehanteerd, waarmee een besluit door een bewindspersoon wordt aangeduid en waartegen een beroep mogelijk is. Een beschikking kan het verlenen van een vergunning, een wijziging van een bestaande vergunning of een beëindiging van de behandeling van een aanvraag zijn, maar ook een ontvankelijkverklaring of een intrekking van een vergunning inhouden (zie verder paragraaf 4.5).

### **4.3 Rolverdeling**

De afdeling Beschikkingen van het ministerie van SZW is verantwoordelijk voor de afhandeling van de vergunningverlening krachtens de artikelen 29 (radioactieve stoffen) en 34 (toestellen) van de Kernenergiewet. In het archief van de afdeling Beschikkingen worden alle vergunningen opgeslagen die onder de artikelen 29 en 34 Kew uitgereikt zijn. Naast vergunningen bevat het archief ook aanvragen, advies van de inspectie, meldingen en bezwaarprocedures. In het kader van de vergunningverlening met betrekking tot de Kernenergiewet, artikel 15 (nucleaire installaties) was het ministerie van EZ penvoerder en daarna het ministerie van VROM. Derhalve zijn die vergunningen niet in het archief van de afdeling Beschikkingen opgenomen. Naast beschikkingen die op radioactieve stoffen (6 archiefkasten; open en ingekapselde bronnen) en toestellen (4 kasten) betrekking hebben, bevat het archief beschikkingen (die overigens wel door het ministerie van VROM worden verstrekt) voor invoer en vervoer van radioactieve stoffen (2 kasten) en voor rookmelders (1 kast) [3].

Tijdens de pilotstudie is een grove schatting van het aantal vigerende vergunningen in het archief gemaakt: 1500 voor ingekapselde bronnen, 400 voor open bronnen en 1500 voor toestellen. Totaal waren er daarmee naar schatting zo'n 3400 vergunningen. Ook is toen een schatting van de verdeling van het 'radioactieve stoffen archief' over de verschillende typen bedrijven en instellingen gemaakt. Bijna de helft bestaat uit vergunningen voor de industrie (exclusief de procesindustrie), bijna een kwart voor medische instellingen, ongeveer 15% voor onderwijsinstellingen en onderzoeksinstituten, 10 % voor de procesindustrie en 3% voor de NDO-bedrijven. Doordat de laatste jaren meer inrichtings- en complexvergunningen worden verleend verandert het aantal en de samenstelling snel.

### **4.4 Vergunningverleningsbeleid**

#### **4.4.1 Algemeen**

In 1993 is een aantal veranderingen van het vergunningverleningsbeleid in de toenmalige beleidsstandpunten opgenomen, waarvan hier enkele belangrijke zijn vermeld [42].

Tot op heden is het Nederlandse beleid gebaseerd op risicogetallen, waarbij een risicofactor van 2,5% per sievert wordt gehanteerd [43]. Een risiconiveau per bron van  $10^{-6}$  per jaar komt daardoor overeen met een dosis van  $0,04 \text{ mSv.a}^{-1}$ . Dit maximum is geruime tijd bij de vergunningverlening gebruikt. In feite is deze zogenaamde locatielimiet in het BsK96 (destijds bronlimiet genoemd) op  $0,1 \text{ mSv.a}^{-1}$  gebracht. In de vergunningen die sinds 1996 zijn verleend zijn in enkele gevallen hogere waarden dan  $0,04 \text{ mSv.a}^{-1}$  terug te vinden.

In navolging van de ICRP en Europese normen worden de dosiscoëfficiënten (DC) gehanteerd. In Nederland werd destijds met de DC ook de daarmee samenhangende radiotoxiciteits-equivalent (Re) ingevoerd. De maximaal toegestane lozingen van radioactieve stoffen in verspreidbare vorm wordt vergund in gewogen Re (tegenwoordig in Bs 'te toetsen aantal Re' genoemd) waardoor bij de belasting van het milieu met de vervaltijd van de radionucliden rekening wordt gehouden.

Er wordt gestreefd naar het combineren van een aantal vergunningen voor één bedrijf tot één vergunning voor de gehele locatie [32]. Voor die gevallen dat er binnen één bedrijf meer vergunningen zijn die ongeveer dezelfde inhoud hebben, kan een zogenaamde verzamelvergunning verleend worden. Doel van dit alles is om het overzicht te verbeteren van alle handelingen en werkzaamheden, en de daarmee samenhangende milieubelasting, binnen één bedrijf. Naast het verkregen overzicht is het voordeel dat bepaalde veranderingen in het bedrijf kunnen worden doorgevoerd zonder veranderingen aan de vergunning. Dit geeft aan de vergunninghouder meer vrijheid. Bij een variatie in toepassingen tegelijkertijd met een grote omvang kan een complexvergunning worden afgegeven.

Een derde ontwikkeling is het steeds meer toepassen van standaard- of modelvergunningen die weer uit standaardmodules zijn opgebouwd. Daarmee is de onderlinge vergelijkbaarheid tussen vergunningen sterk toegenomen.

In de volgende paragrafen wordt nader ingegaan op specifiek vergunningverleningsbeleid gericht op nucleaire installaties, procesindustrie, medische instellingen en NDO-bedrijven.

#### **4.4.2 Nucleaire installaties**

Voordat een vergunning aan een 'grote' nucleaire installatie wordt afgegeven, wordt eerst een Milieu Effect Rapportage (MER) gemaakt waarin de lozingen naar lucht en water, en het externe stralingsniveau aan de terreingrens zo realistisch mogelijk worden ingeschat en waarin een beoordeling van mogelijke milieuvriendelijke alternatieven wordt gemaakt. In Nederland is een milieueffectrapportage wettelijk verplicht voor grote projecten, zoals de aanleg van spoorlijnen, wegen, woonwijken, bedrijventerreinen, elektriciteitscentrales en afvalverbrandingsinstallaties. Indien de in de MER geschatte lozingen voldoen aan de te vergunnen limieten, dan kan de vergunningaanvraag ontvankelijk verklaard worden. Wel dienen dan later de reële lozingen geëvalueerd te worden. De lozing van radioactieve stoffen moet zo laag worden gehouden als redelijkerwijs mogelijk is. Periodiek dient bekeken te worden of de technieken die de nucleaire installatie hanteert bij afvalwaterzuivering en ventilatieluchtfitering nog steeds behoren tot de best beschikbare technieken (*best available techniques*). Elke 10 jaar dienen meer omvangrijke evaluaties te worden uitgevoerd waarbij ook de uitgangspunten zelf worden vergeleken met nieuwe ontwikkelingen inzake nucleaire veiligheid en stralingsbescherming.

### 4.4.3 Procesindustrie

De volgende onderdelen van de modelvergunning voor de procesindustrie zijn relevant voor het schatten van de gevolgen voor het milieu.

- Zodra de helft van de jaarlijks toegestane hoeveelheid radioactieve stoffen is geloosd, moet dat aan de VROM-Inspectie worden gemeld.
- Er moet in het eerste kwartaal een jaarrapportage over de activiteiten in het voorgaande jaar worden opgesteld. Dit moet worden gestuurd naar zowel de vergunninghouder als naar de Arbeidsinspectie. De rapportage moet onder andere een onderbouwde schatting van de totale stralingsbelasting geven. Dit betreft zowel de externe straling als de lozingen. Ook moet een schatting van de dosis van de blootgestelde werknemers worden gegeven.

In de praktijk wijken deze vergunningen nogal eens af van de modelvergunningen. Verschillen treden bijvoorbeeld op door een andere termijn voor melding aan te houden. Ook komt het voor dat de rapportage niet hoeft te worden verstuurd naar de Arbeidsinspectie, maar ter inzage moet liggen op het hoofdkantoor van de vergunninghouder. Ook de bewaartijd van deze rapportages varieert sterk. In recente vergunningen is zowel 2 als 15 jaar aangetroffen.

### 4.4.4 Medische instellingen

De grote medische instellingen beschikken momenteel zonder uitzondering over een complexvergunning die de instellingen een grote mate van vrijheid geeft bij de handelingen met ioniserende straling, maar tevens eisen stelt aan de organisatie van de stralingsbescherming. Bij de andere medische instellingen is de stralingsbescherming vaak nog op afdelingsniveau georganiseerd. Inmiddels beschikken veel van de kleinere instellingen over één inrichtingsvergunning of enkele verzamelvergunningen.

De vergunningen van medische instellingen zijn sinds 1990 omvangrijker en gedetailleerder geworden. Daarbij is meer aandacht gekomen voor de organisatie van de stralingsbescherming, de deskundigheid van de werknemers, de kwaliteitsborging van de apparatuur, de uitgevoerde werkzaamheden, de patiëntbescherming én de controle, registratie en meldingen. Bij inspecties komen intern toezicht, deskundigheid, administratie en limieten uitgebreid aan de orde.

Reeds in de jaren zeventig zijn in de Kew-vergunningen voor radionuclidenlaboratoria lozingslimieten voor water ( $\text{Bq.l}^{-1}$ ) en lucht ( $\text{Bq.m}^{-3}$ ) opgenomen. Om aan de voorschriften van de Kew-vergunningen te voldoen, zijn sindsdien op grote schaal afvalwatertanks geplaatst ten behoeve van radioactief verval. In de nota ORS+ [44] is aangegeven dat er vanuit het beleid geen prioriteit meer was om de risico's verder terug te dringen en dat er kon worden volstaan met eenvoudige controlemaatregelen gericht op de totale emissie per jaar. De volgens de Richtlijn radionuclidenlaboratoria [32] berekende maximale waterlozingen blijken voor medische instellingen ruim onder het secundaire niveau van  $100 \text{ Re}_{\text{ing}}$  [21] te blijven. Het huidige beleid geeft aan dat indien een tank geplaatst is, daarvan gebruik moet worden gemaakt. Bij nieuwbouw kan de tank achterwege blijven, indien de lozingen lager zijn dan het secundaire niveau.

#### 4.4.5 NDO-bedrijven

Een belangrijke constatering is dat er verschillen in vergunningsvoorschriften zijn tussen NDO-bedrijven. Dit is waarschijnlijk het gevolg van opgetreden wijzigingen in het beleid. De ene vergunninghouder dient nog wel te rapporteren aan de inspectie en de andere niet. Enkele gevolgen hiervan zijn: (i) blootstellingen aan de terreingrens kunnen door de verschillende vergunningen optellen tot meer dan de destijds vergunde dosis; (ii) voor sommige oude bronnen geldt (nog) geen blootstellingsbeperking aan de terreingrens; (iii) voor verschillende vergunningen op hetzelfde terrein kunnen verschillende beperkende doses aan de terreingrens of de opslagplaats gelden als gevolg van de tijdens de vergunningverlening geldende wetgeving; (iv) bij door het NDO-bedrijf gewenste relatief geringe wijzigingen in de vergunning, bijvoorbeeld 4 bronnen in plaats van 3 van hetzelfde type en met dezelfde totale maximale activiteit, kunnen grote wijzigingen optreden doordat inmiddels gewijzigde wetgeving van toepassing is op de nieuwe vergunning. Dit laatste zou overigens ook kunnen verhinderen dat een aanvraag van een wijziging wordt ingediend.

#### 4.4.6 Overige stralingsbronnen

Voor gebruiksartikelen is in het algemeen geen vergunning vereist. Zo zijn rookmelders met minder dan 37 kBq <sup>241</sup>Am vrijgesteld van meldings- en vergunningsplicht. Daarvoor bestaat er een lijst met vrijgestelde ionisatierookmelders die bekend wordt gemaakt via de regeling aanwijzing rookmelders in de Staatscourant. Echter, als een leverancier of verkoper meer dan 50 van deze ionisatierookmelders voorhanden wil hebben, is wel een vergunning nodig.

### 4.5 Overzichten verleende beschikkingen

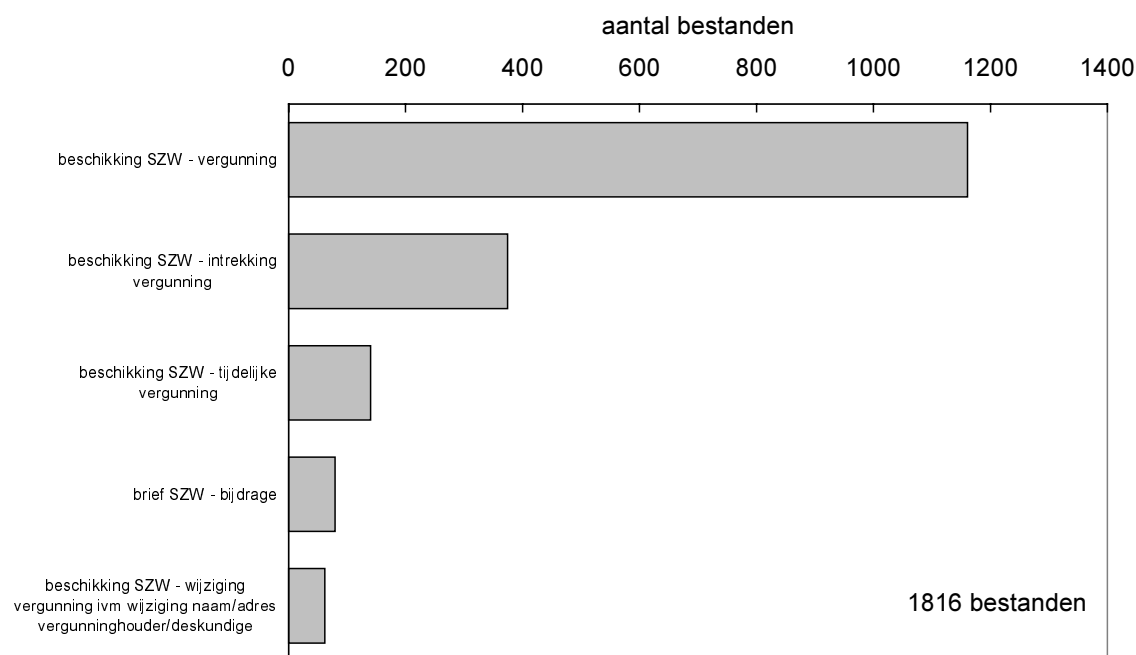
De beschikkingen die door SZW in de jaren 1996 tot en met 2001 zijn verleend, zijn in digitale vorm aan RIVM beschikbaar gesteld. Het gaat in totaal om ongeveer 2300 bestanden. Per 1 januari 1997 is formeel op modelvergunningen overgegaan. Het is daarnaast niet duidelijk of de bestanden uit 1996 compleet zijn. Verder zijn de gegevens over het jaar 2001 slechts bekend tot begin augustus, daarom zijn de gegevens slechts tot 1 januari 2001 geanalyseerd. Uit elk bestand zijn basisgegevens, zoals het type en het nummer van de beschikking, de datum van verlening, de datum van de aanvraag (of beter de start van de procedure die tot de beschikking heeft geleid) en de gegevens over de aard van de vergunninghouder gehaald. Hoewel de vergunningen openbaar zijn, is het volgens de Wet persoonsregistratie verboden om die gegevens op te slaan in een database of anderszins die verwijzen naar een persoon; er zitten vergunningen bij van bijvoorbeeld veeartsen die met naam en toenaam worden genoemd. Vervolgens is getracht om gegevens uit de bestanden te halen die betrekking hebben op mogelijke blootstelling voor leden van de bevolking.

Het resterende deel van deze paragraaf geeft een selectie van overzichten van verleende beschikkingen en van gegevens uit deze beschikkingen.

#### *Aantallen bestanden per type beschikking*

Figuur 1 geeft een overzicht van de zeven belangrijkste typen beschikkingen en de aantallen die in de jaren 1996 tot en met 2000 door de afdeling Beschikkingen zijn verleend. Het type 'brief SZW - bijdrage' heeft betrekking op een verzoek tot betaling in verband met een verleende vergunning. De overige niet in Figuur 1 opgenomen bestanden hebben betrekking

op andere typen beschikkingen zoals ontvangstbevestigingen, gedoogbeschikkingen, ontwerpbeschikkingen, ontvankelijkverklaringen, beëindiging van de behandeling of verlenging van de beslistermijn van een aanvraag, VROM – SAS-beschikkingen, verlening van ontheffing van artikel 72 of 74a en ter inzage legging van een beschikking.



*Figuur 1 Aantal beschikkingen, per type, verleend door de afdeling Beschikkingen van het ministerie van SZW in de jaren 1996 tot en met 2000*

Verreweg de meeste bestanden bevatten vergunningen (incl. tijdelijke vergunningen). Dit kunnen ook wijzigingen van bestaande vergunningen zijn, waarbij het zeker de afgelopen jaren vaak voorkomt dat daarbij meer dan één vergunning wordt ingetrokken. Voor wijziging van de vergunning in verband met wijziging van naam of adres van de vergunninghouder of stralingsdeskundige zonder substantiële andere wijzigingen in de vergunning zelf, is een apart type onderscheiden.

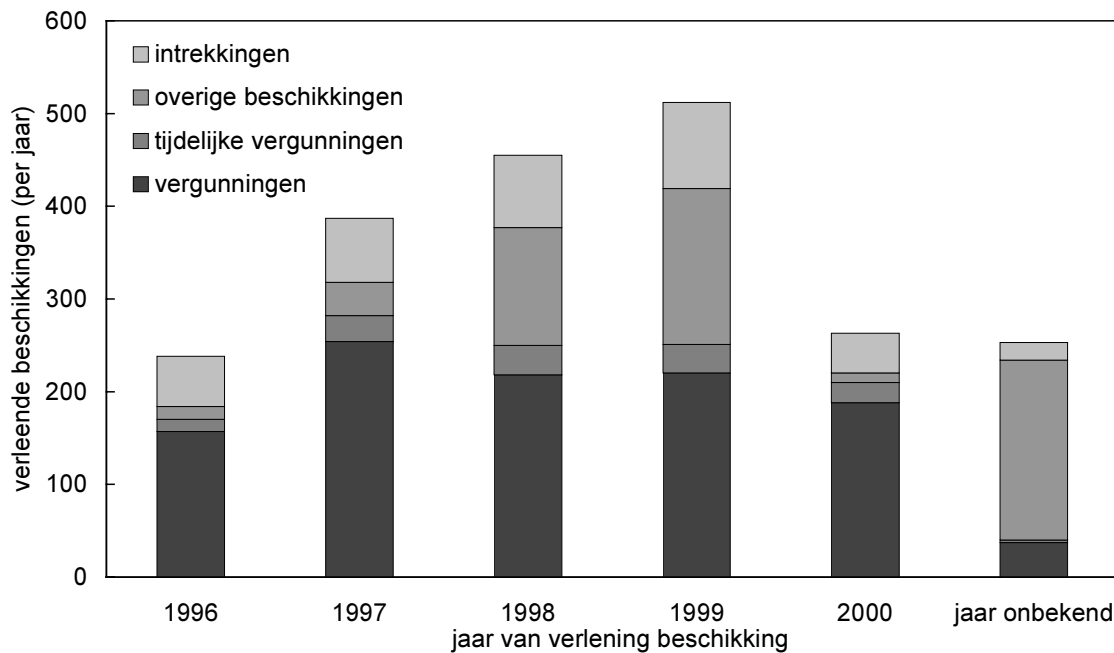
#### *Aantal in de loop der jaren verleende beschikkingen per type beschikking*

De meeste beschikkingen die digitaal voorhanden zijn, bevatten de datum waarop de beschikking is verleend. Van de ongeveer 250 beschikkingen waarvoor deze datum ontbreekt, blijken er 140 betrekking te hebben op een ‘beschikking VROM - SAS’ die betrekking heeft op vergunningen voor invoeren en vervoeren van radioactieve stoffen en splijtstoffen. Deze datum ontbreekt omdat het digitale bestand daarna nog een bewerking door het ministerie van VROM heeft ondergaan. Omdat de categorie ‘vervoer’ in het huidige rapport nog niet aan de orde komt, is niet getracht om deze data te achterhalen. Figuur 2 geeft de verdeling over de jaren.

In het begin van paragraaf 4.5 is reeds vermeld dat de bestanden uit 1996 vermoedelijk niet geheel compleet zijn. Uit Figuur 2 blijkt dat er sprake is van een toename van het totaal aantal beschikkingen dat per jaar wordt verleend. Sinds 1997 is er mogelijk sprake van een daling in het aantal verleende vergunningen. Dit kan mede veroorzaakt zijn door de samenvoeging van vele kleine vergunningen tot grotere complex- en verzamelvergunningen. Het aantal ‘zuivere’ intrekkingen bedraagt in de jaren 1997 tot en met 2000 ongeveer 60 per jaar. Het totaal aantal



intrekkingen bedraagt meer dan deze 60 per jaar omdat een verleende vergunning vaak gepaard gaat met één of meer intrekkingen van oude vergunningen.



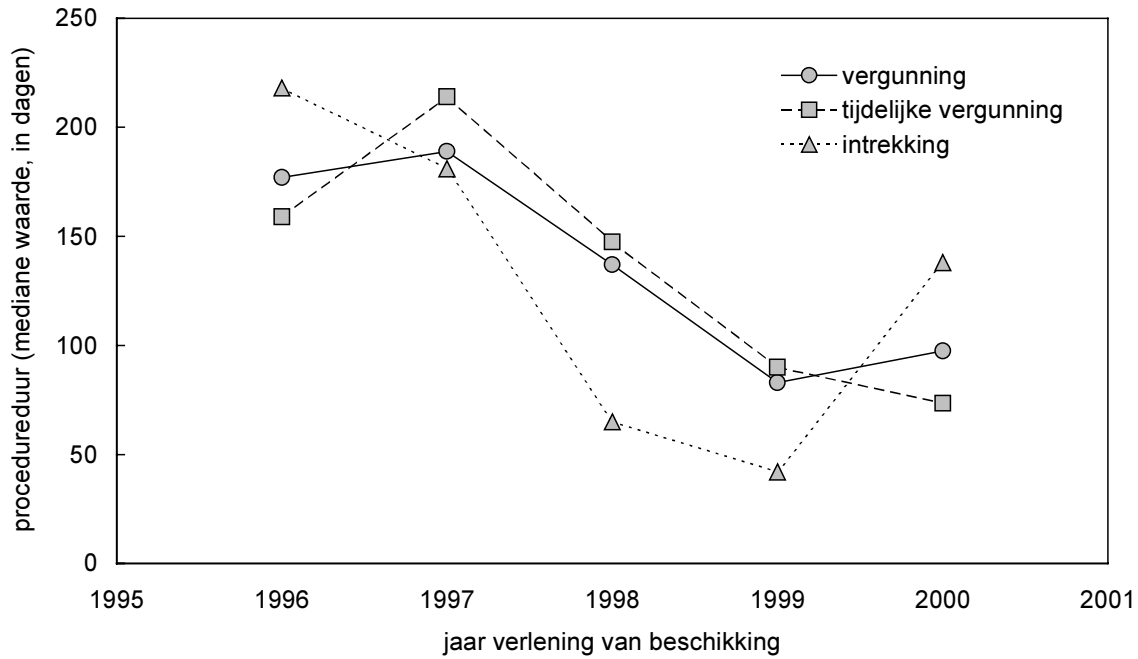
Figuur 2 Aantal verleende beschikkingen naar jaar van verlening

Het aantal verleende vergunningen bedraagt inclusief de tijdelijke vergunningen in de jaren 1997 tot en met 2000 zo'n 220 per jaar.

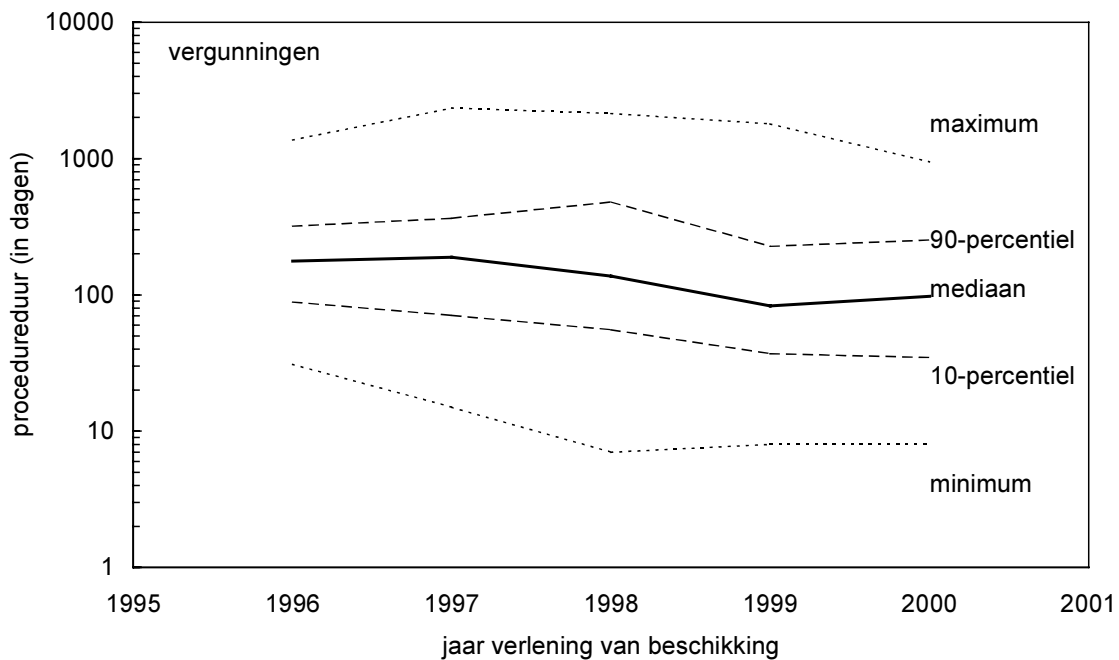
### Procedureduur

Een vergunningaanvraag moet binnen 6 weken zijn behandeld door de vergunningverlener als het gaat om een niet openbare procedure. In het geval van een openbare procedure, waarbij door een ieder bedenkingen tegen de vergunningaanvraag kunnen worden ingediend, staat daar 12 weken voor.

Van de beschikkingen van het type 'vergunning', 'tijdelijke vergunning' en 'intrekking vergunning' is de procedureduur bepaald door het verschil tussen de datum van de aanvraag en de datum van de beschikking te bepalen. Nadat de beschikkingen waarvoor minstens één van deze datums ontbreekt, uit de groep van te analyseren beschikkingen zijn verwijderd, blijven er nog 1658 over: 1161 vergunningen, 123 tijdelijke vergunningen, 374 intrekkingen. De verdeling van het aantal vergunningen over de range van vóórkomende procedureduren vertoont grote gelijkenis met een log-normale verdeling. De mediane waarde van deze verdeling is bepaald. Dit betekent dat 50% van de vergunningen sneller en de andere 50% langzamer dan deze mediane waarde van de procedureduur wordt behandeld. De trend in de mediane waarde van de procedureduur is weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3 De trend in de mediane waarde van de procedureduur voor drie typen beschikkingen



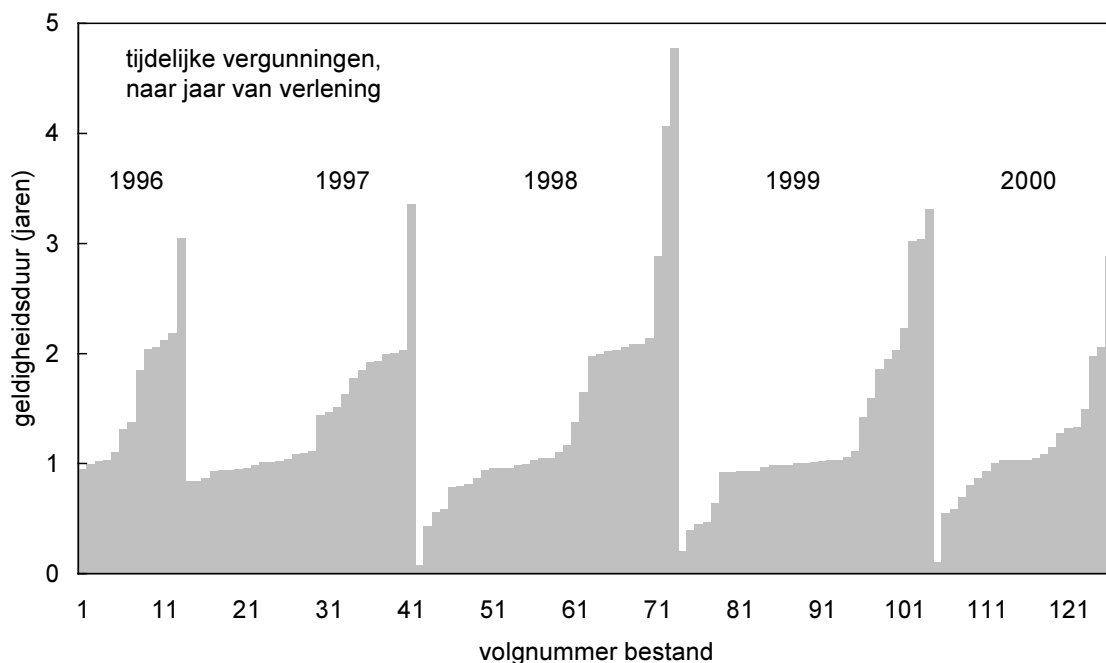
Figuur 4 De trend in de minimale, maximale en 10- 90-percentiele waarden van de procedureduur voor beschikkingen van het type 'vergunning'

Sinds 1997 is er een duidelijke afname van de procedureduur. In 1999 vond meer dan de helft van de intrekkingen binnen 8 weken (= 56 dagen) plaats, zijnde de termijn waarnaar wordt gestreefd. Daarna is de procedureduur voor intrekkingen echter toegenomen naar ongeveer 20 weken om onduidelijke redenen. In 2000 werd de helft van de (tijdelijke) vergunningen binnen 11 weken (= 77 dagen) verleend. Om een indruk te geven van de meer extremere waarden voor de procedureduur is in Figuur 4 voor de grootste groep van beschikkingen, namelijk de vergunningen, de trend in de minimale en maximale procedureduren en de 10- en

90-percentielwaarden van de procedureduur gegeven. Een n-percentielwaarde is die waarde van de procedureduur waarvoor n% van de beschikkingen sneller wordt verleend. Er kan worden geconcludeerd dat ook de minimale en 10-percentielwaarden van de procedureduren afnemen. De maximale procedureduur van meerdere jaren is over het algemeen terug te voeren naar de vergunningaanvrager die een aanpassing op de aanvraag moet plegen, alvorens een vergunning ontvankelijk kan worden verklaard. Anderzijds kan het proces ook vertraagd worden doordat in de openbare procedure bedenkingen tegen een dergelijke aanvraag worden ingediend, waarvan de afhandeling veel tijd vergt.

#### *Geldigheidsduur van tijdelijke vergunningen*

Van de in totaal ongeveer 126 tijdelijke vergunningen is de geldigheidsduur bepaald. Vervolgens zijn de vergunningen ingedeeld naar het jaar waarin de vergunning is verleend. Het resultaat is in Figuur 5 weergegeven. Een geldigheidsduur van ongeveer 1 of ongeveer 2 jaar komt relatief vaak voor. Slechts enkele van de vergunningen zijn 3 of meer jaar geldig. Ongeveer 1 op de 10 vergunningen blijkt overigens een tijdelijke vergunning te zijn.



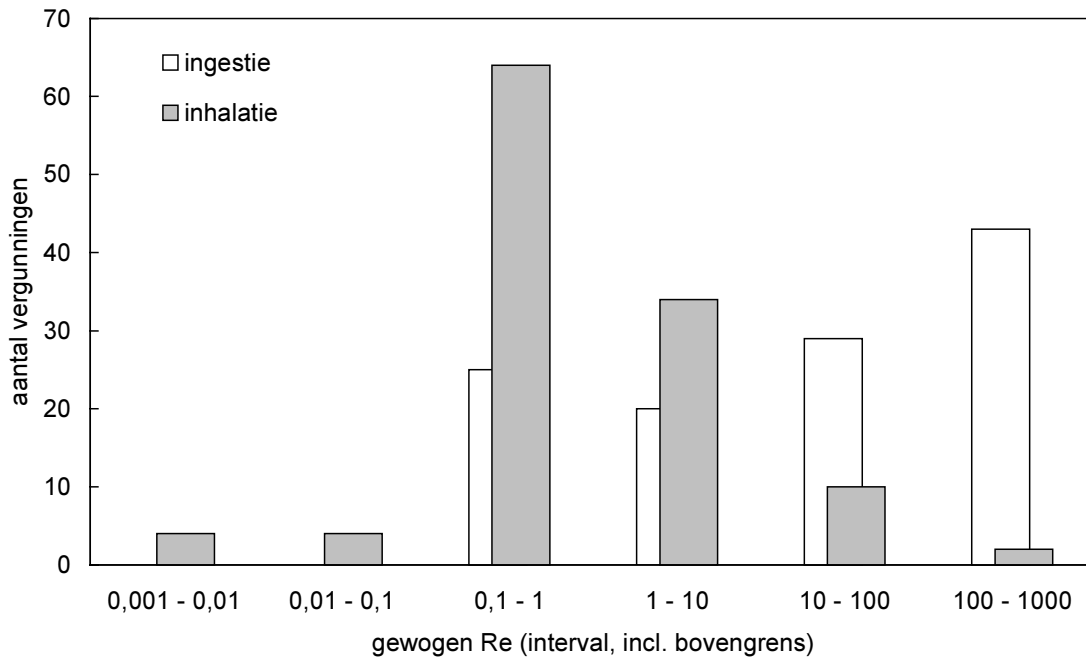
*Figuur 5 De geldigheidsduur in jaren van tijdelijke vergunningen, ingedeeld naar jaar van vergunningverlening en per jaar gesorteerd naar toenemende geldigheidsduur*

#### *Vergunde hoeveelheden Re's*

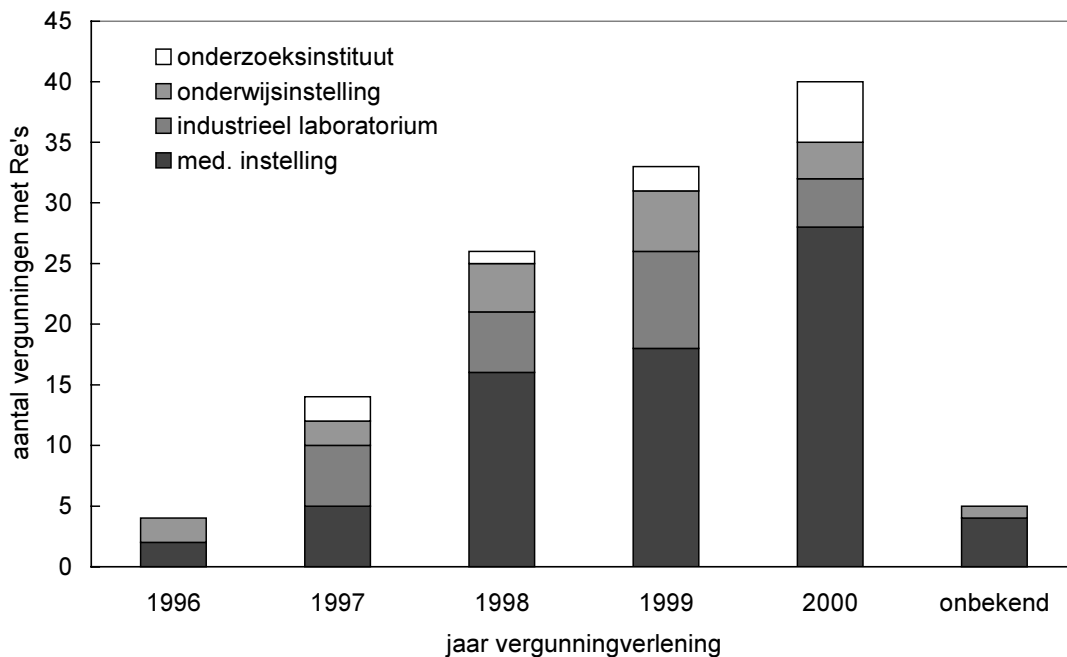
In 122 van de 1294 tijdelijke en permanente vergunningen (tot en met 2000) worden Re's toegepast om de vergunde hoeveelheden voor lozing in lucht en water weer te geven. Van deze vergunningen zijn het jaar van vergunningverlening, de precieze waarden die zijn vergund en het type ondernemer opgezocht.

In Figuur 6 en Figuur 7 zijn de aantallen vergunningen uitgezet tegen de hoogte van de vergunde hoeveelheden en het jaar van vergunningverlening. De vergunningen blijken alleen betrekking te hebben op de ondernemerscategorieën 'medische instelling', 'industriële laboratorium', 'onderwijsinstelling' en 'onderzoeksinstituut'.

Er is sinds 1996 een duidelijke toename van het aantal vergunningen waarin de Re's worden gebruikt om de maximaal te lozen hoeveelheden radioactiviteit weer te geven.



*Figuur 6 Aantal vergunningen die in de jaren 1996 tot en met 2000 zijn verleend, waarin waarden voor de maximaal te lozen hoeveelheden gewogen Re's zijn opgenomen:  $Re_{inhalatie}$  voor lozingen in lucht en  $Re_{ingestie}$  voor lozingen in water*



*Figuur 7 Aantal vergunningen die in de jaren 1996 tot en met 2000 zijn verleend, waarin waarden voor de maximaal te lozen hoeveelheden gewogen Re's zijn opgenomen. Per jaar wordt de verdeling over vier categorieën ondernemers gegeven*

*Aantal verleende vergunningen per categorie ondernemer, per type bron en per type handeling of werkzaamheid*

Het verzamelen van deze informatie vergt het deels handmatig indelen van de 2300 bestanden naar categorie ondernemer, type bron en type handeling of werkzaamheid. Vanwege het arbeidintensieve karakter van dit indelen, is dit vooralsnog achterwege gebleven.



## 5 Emissies

### 5.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bevat de resultaten van het onderzoek naar de emissies door de categorieën ondernemers die in dit rapport zijn bestudeerd. Met de term emissies worden lozingen in lucht, lozingen in water en externe straling bedoeld. Per categorie worden vergunde en werkelijke emissies met elkaar in verband gebracht.

Vanwege de onderlinge vergelijkbaarheid zijn de activiteiten van de radionucliden die in lucht en water worden geloosd, voor zover mogelijk, omgerekend naar radiotoxiciteitsequivalenten (Re's). Eén Re komt overeen met het aantal Bq dat bij *volledige inname* tot een dosis van één Sv leidt. Let wel dat de lozingen van de nucleaire installaties worden gegeven in figuren met logschalen; de lozingen van de procesindustrie zijn uitgezet met lineaire schalen.

### 5.2 Nucleaire installaties

In dit rapport worden de emissies van IRI buiten beschouwing gelaten. De reden daarvoor is dat in de lozingsopgaven van het IRI de waterlozingen niet nuclidespecifiek gegeven worden. Bovendien betreft het lozingen in water van slechts 1-10 MBq.a<sup>-1</sup>. De lozingen naar lucht worden niet gerapporteerd.

In het algemeen zijn de vergunde lozingen in Re.a<sup>-1</sup> berekend door de vergunde lozing in Bq.a<sup>-1</sup> te vermenigvuldigen met de DC in Sv.Bq<sup>-1</sup> van het bedoelde nuclide. Daar waar een groep radionucliden in de vergunning is aangegeven is een benadering gemaakt van de meest waarschijnlijk geloosde radionucliden. Op basis daarvan is een gemiddelde DC samengesteld waarmee de vergunde lozing in Re.a<sup>-1</sup> is berekend.

Voor edelgassen is een DC gebruikt op basis van externe straling als gevolg van submersie. De eenheid is Sv.a<sup>-1</sup> per Bq.m<sup>-3</sup>, en is dus direct afhankelijk van de activiteitsconcentratie. Om aan die activiteitsconcentratie te komen is de jaarlozing in Bq.a<sup>-1</sup> gedeeld door het lozingsdebiet in m<sup>3</sup>.a<sup>-1</sup> van de betreffende installatie. Er is dus voor een edelgas geen Re te berekenen in Sv per Bq, zoals bij inhalatie en ingestie wel het geval is, maar alleen in Sv.a<sup>-1</sup> per Bq.m<sup>-3</sup>. Hiermee wordt de edelgas-Re wel afhankelijk van de lozingscondities van de betreffende nucleaire installatie.

Tabel 4 bevat de vergunde lozingen en Tabel 5 de werkelijke lozingen in lucht, uitgedrukt in Re<sub>inh</sub>.a<sup>-1</sup>, van vijf nucleaire installaties. Hierbij is uitgegaan van de vigerende vergunningen in 2000.

Tabel 4 Vergunde lozingen in lucht voor vijf nucleaire installaties (in  $Re_{inh} \cdot a^{-1}$ ) in het jaar 2000

	KCB	KCD	COVRA	ECN	Urenco
edelgassen	2,4	2	0,01		
$^3H$	520	520	300		
$^{14}C$	1740	2900	5800		
$^{131}I$	8	2			
overige halogenen		29			
aerosolen	16	31			
beta / gamma			19		9
totaal- $\alpha$			16		98
som	2286	3484	6137	227*	107

\* opgebouwd uit: HFR 100, LFR 1, LSO 80, opslagplaats 10, chemie en materiaalkunde 20, en overige gebouwen 16  $Re \cdot a^{-1}$ . De Hoge Flux Reactor valt onder vergunninghouder GCO.

Tabel 5 Werkelijke lozingen in lucht voor vijf nucleaire installaties ( $Re_{inh} \cdot a^{-1}$ ) in het jaar 2000

	KCB	KCD	COVRA	ECN	Urenco
edelgassen	0,01			16	
$^3H$	78	0,38	15,1	14,9	
$^{14}C$	515	2,64	5,4		
$^{131}I$	0,01			0,34	
overige halogenen		0,01			
aerosolen	0,4	0,03			
beta / gamma					0,004
totaal- $\alpha$			0,56		0,86
som (afgerond)	593	3	21	31	0,9

Uit Tabel 5 blijkt dat bij de luchtlozingen van KCB en COVRA de radionucliden  $^3H$  en  $^{14}C$  verantwoordelijk zijn voor vrijwel de gehele lozing, als deze in  $Re$ 's wordt uitgedrukt. Om te komen tot een schatting van de lozing in  $Re$ 's is  $^{133}I$  gekozen als (het enige) halogeen, aangezien deze de hoogste DC heeft van de halogenen. In de nuclidengroep aerosolen is bij KCD  $^{60}Co$  gekozen als beta/gammastraler met de hoogste DC. In de nuclidengroep totaal- $\alpha$  is gekozen voor de inhalatie-DC van  $^{241}Am$ . De KCD data voor halogenen en aerosolen zijn afgeleid uit de detectiegrenzen. De reële lozingen zijn immers onbekend en liggen onder de hier gegeven waarden. Bij de opgave van ECN voor edelgassen is het getal uit de jaarrapportage van ECN overgenomen. Bij Urenco is gekozen voor de DC's van  $^{234}U$ ,  $^{235}U$  en  $^{238}U$ .

Tabel 6 geeft een overzicht van de vergunde en Tabel 7 van de werkelijke lozingen in water voor de vijf nucleaire installaties.



Tabel 6 Vergunde lozingen in water voor vijf nucleaire installaties ( $Re_{ing} \cdot a^{-1}$ ).  
Situatie 2000

	KCB	KCD	COVRA	ECN	Urenco
$^3\text{H}$	540	36	36		
$^{14}\text{C}$			1160		
beta / gamma	800	580	1250		0,4
totaal- $\alpha$	40	10	16		0,9
som	1380	626	2462	2000	1,3

Bij het omrekenen van de vergunde emissies die in de vergunningen zijn opgenomen naar  $Re$ 's zijn de volgende aannamen gemaakt. Bij de nuclidengroep beta/gamma zijn de waarden berekend bij KCB uit de DC's van een zestal representatieve radionucliden ( $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  en  $^{137}\text{Cs}$ ), gewogen naar voorkomen; bij KCD uit de radionucliden  $^{60}\text{Co}$  en  $^{137}\text{Cs}$ , gewogen naar voorkomen; en bij de COVRA uit een rekenkundig gemiddelde van de radionucliden  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{124}\text{Sb}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  en  $^{137}\text{Cs}$ . Bij Urenco is uitgegaan van de gemiddelde DC van  $^{234}\text{Th}$  en  $^{234}\text{Pa}$ . In de nuclidegroep totaal- $\alpha$  is gekozen voor de ingestie-DC van  $^{241}\text{Am}$ . Bij Urenco is gekozen voor de DC's van  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  en  $^{238}\text{U}$ .

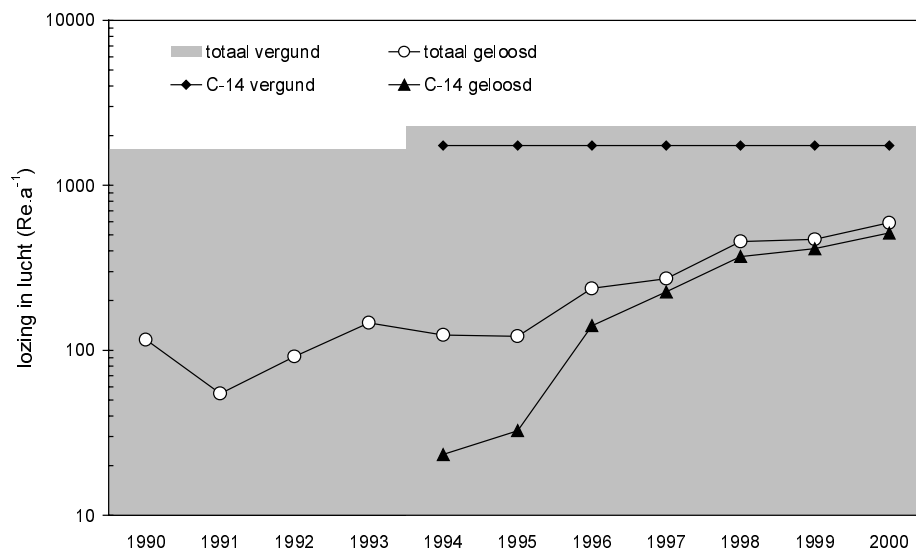
Tabel 7 Werkelijke lozingen in water voor vijf nucleaire installaties ( $Re_{ing} \cdot a^{-1}$ ).  
Situatie 2000

	KCB	KCD	COVRA	ECN	Urenco
$^3\text{H}$	139	0,02	1,2	5,08	
$^{14}\text{C}$			0,75		
beta / gamma	1,3	3,9	3,1	460	0,02
totaal- $\alpha$		0,04	0,18	0,17	0,16
som (afgerond)	140	4	5,2	465	0,2

Uit de tabel blijkt duidelijk dat voor KCB  $^3\text{H}$  het belangrijkste nuclide is in water, terwijl voor COVRA, KCD en vooral ECN de beta- en gamma-stralers de belangrijkste bijdrage leveren. De lozingen van Urenco zijn in verhouding met de overige lozingen naar water vrijwel verwaarloosbaar.

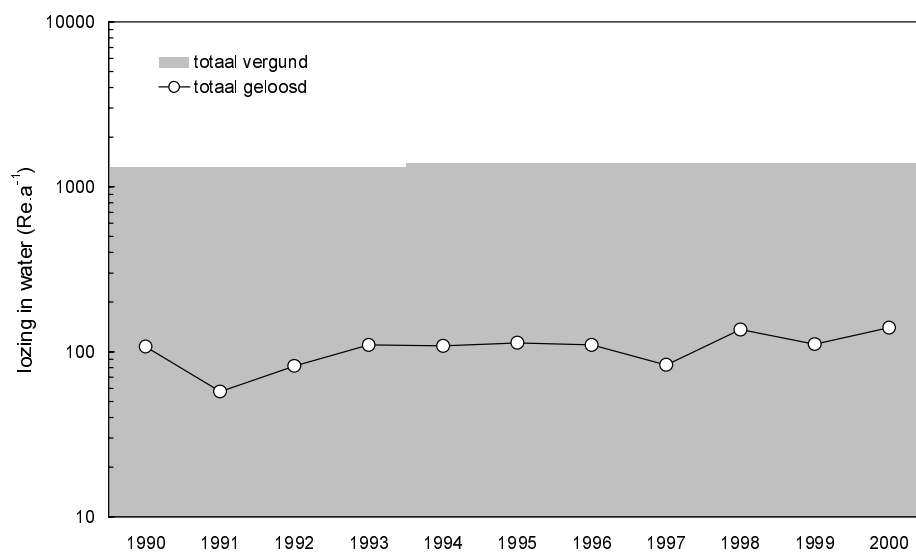
#### Kerncentrale Borssele (KCB)

In Figuur 8 en in Figuur 9 worden de werkelijke lozingen van KCB naar lucht en water vergeleken met de vergunde emissies. De stap in de vergunde limieten naar lucht wordt veroorzaakt door de vergunning van 1994 waarin een lozingslimiet voor  $^{14}\text{C}$  in lucht is vermeld, terwijl dat daarvoor niet het geval was. Het totaal aan geloosde  $Re$ 's wordt vrijwel geheel veroorzaakt door  $^3\text{H}$  en  $^{14}\text{C}$ . De hogere waarden in 1998 - 2000 worden veroorzaakt door een toename van geloosd  $^{14}\text{C}$  naar lucht.



Figuur 8 Vergunde en werkelijke lozingen in lucht door KCB in de jaren 1990 – 2000

In de bovenstaande figuur is duidelijk te zien dat  $^{14}\text{C}$  verreweg de grootste bijdrage levert aan de luchtlozingen.

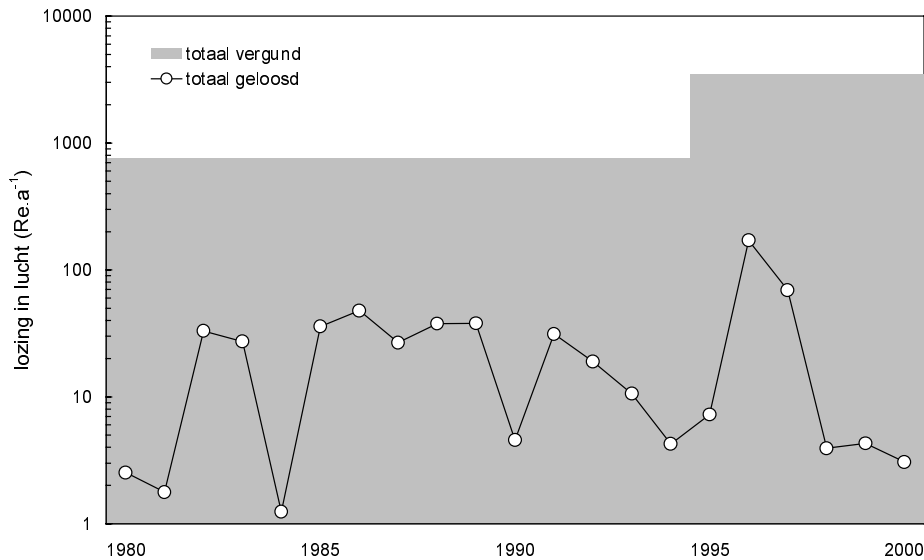


Figuur 9 Vergunde en werkelijke lozingen in water door KCB in de jaren 1990 – 2000

De kleine stap in de vergunde lozingen in water bij 1994 wordt veroorzaakt door een afronding naar boven bij een omrekening van de lozing van  $^3\text{H}$  van Ci naar Bq. De jaarlozing van  $^3\text{H}$  naar water is doorgaans 20-30 % van de vergunde limiet. Aangezien de productie van deze radionucliden inherent aan energieopwekking in een PWR is, kan de lozing van dit radionuclide alleen met zeer grote inspanning worden verminderd. Dit is in de praktijk nauwelijks haalbaar.

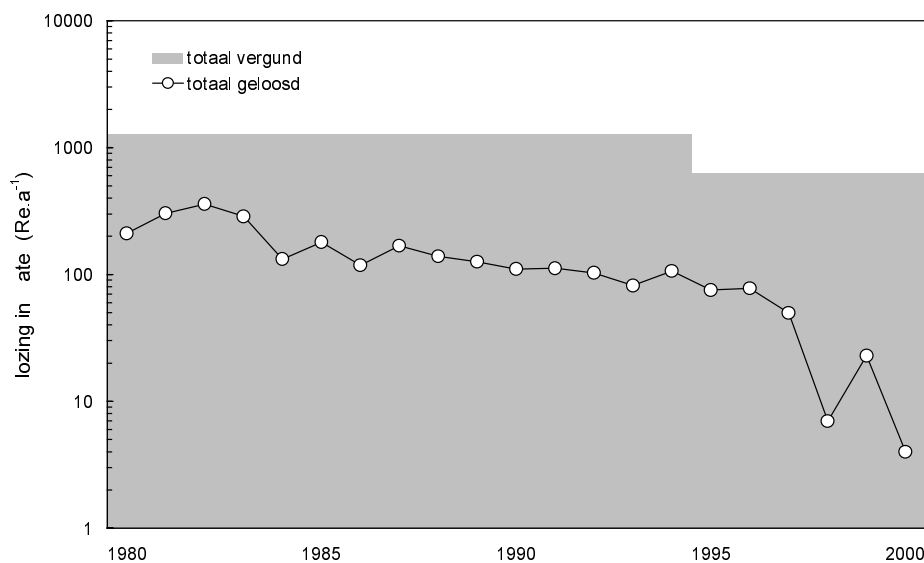
*Kerncentrale Dodewaard (KCD)*

Evenals bij de luchtlozingen van KCB wordt de knik in de vergunde limieten naar lucht veroorzaakt door een apart opgenomen limiet voor  $^{14}\text{C}$ , hetgeen in de daarvóór geldende vergunningen niet het geval was. Het meten van  $^{14}\text{C}$  lozingen in lucht vindt ook pas plaats vanaf 1995. Daarvóór zijn de lozingen van  $^{14}\text{C}$  onbekend.



*Figuur 10 Vergunde en werkelijke lozingen in lucht door KCD in de jaren 1980 – 2000*

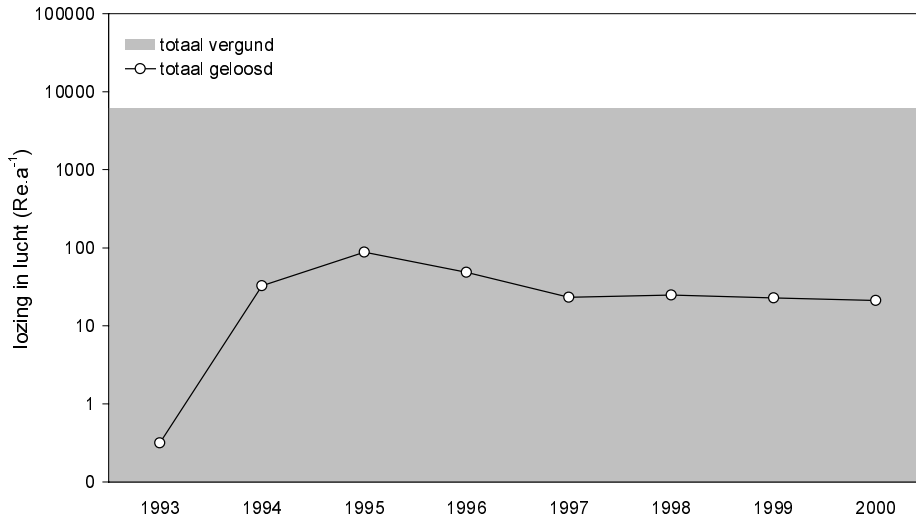
Tot en met 1995 nemen beta- en gammastralers in water meer dan 90% van de totaal geloosde Re's voor hun rekening. Na 1995 vormen de beta- en gammastralers in water samen met  $^3\text{H}$  en  $^{14}\text{C}$  in lucht vrijwel het totaal aan geloosde Re's. Na de sluiting eind maart 1997 vindt er vrijwel geen lozing meer in lucht plaats. Er resteert nog een klein aantal waterlozingen. De verlaging van de vergunningslimiet in 1995 komt door een vermindering van de toegestane tritiumlozingen.



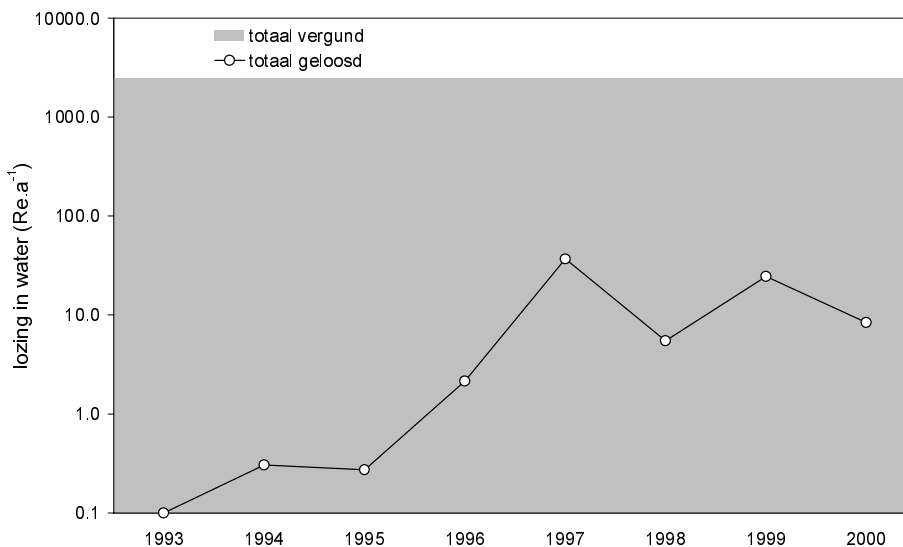
*Figuur 11 Vergunde en werkelijke lozingen in water door KCD in de jaren 1980 – 2000*

### COVRA lucht- en waterlozingen

Circa 80 % van de vergunde limiet in lucht is afkomstig van  $^{14}\text{C}$ . De radionucliden  $^3\text{H}$  en  $^{14}\text{C}$  nemen het grootste deel van de luchtlozingen, uitgedrukt in Re, voor hun rekening.



Figuur 12 Vergunde en werkelijke lozingen in lucht door COVRA in de jaren 1993 – 2000



Figuur 13 Vergunde en werkelijke lozingen in water door COVRA in de jaren 1993 – 2000

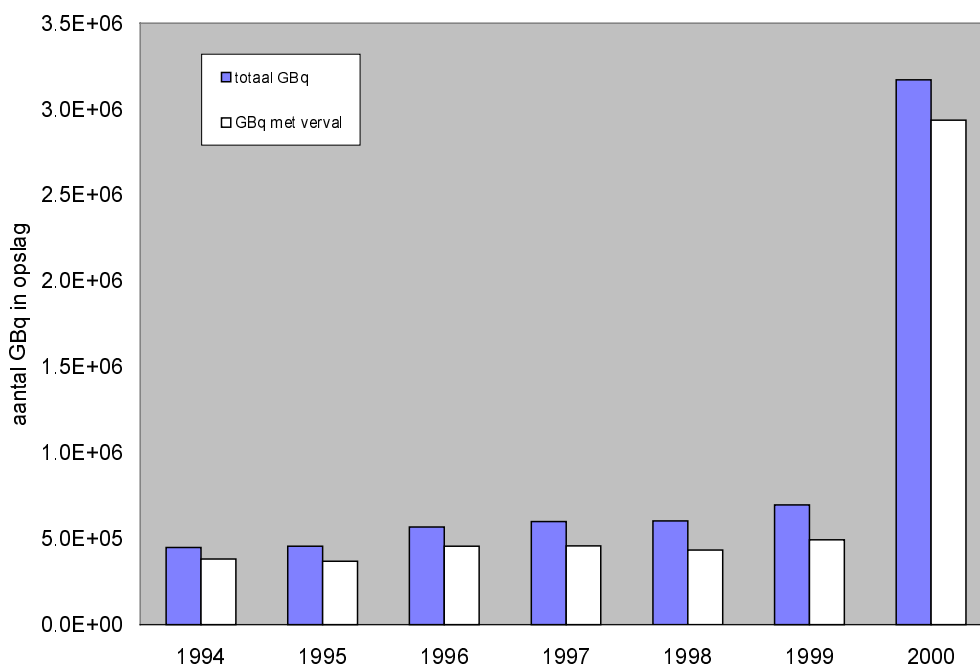
De lozing naar water in 1993 bedraagt  $10^{-3}$  Re. Om wille van de overzichtelijkheid is de waarde van 0,1 Re ingevoerd. In de waterlozingen worden beta- en gammastralers zowel gerapporteerd bij 'gamma' als bij 'overig beta'. De COVRA corrigeert hier niet voor, waardoor een overschatting van de waterlozingen het gevolg is.

### COVRA opslag radioactief afval

In februari 1999 zijn bouwvergunningen verleend voor het Hoogradioactief Afval Behandelings- en Opslaggebouw (HABOG) en voor het Container Opslag gebouw (COG) voor radioactief afval afkomstig uit de ertsverwerkende industrie. In juni 1999 is daadwerkelijk met de bouw begonnen. In het begin van 2001 zijn volgens verwachting de eerste containers met radioactief calcinaat, afkomstig van fosfaatertsverwerking, in het COG opgeslagen.

Zolang het HABOG nog niet gereed is, is in de vergunning van 1999 de tijdelijke opslag toegestaan van bestraalde splijtstofelementen van onderzoeksreactoren in speciale transport- en opslagcontainers in de bestaande COVRA-gebouwen voor laag- en middelactief afval. De aangevraagde transportvergunning is begin 2000 door het bevoegd gezag verleend. Een viertal MTR2-containers met bestraalde splijtstofelementen van de onderzoeksreactor Petten is in de tweede helft van 2000 naar de COVRA getransporteerd en opgeslagen in het Laag- en middelradioactief afval Opslag Gebouw (LOG). Als het HABOG gereed is worden de MTR2-containers daarheen overgebracht. In het HABOG zullen de splijtstofelementen met behulp van op afstand bedienbare manipulatoren uit de MTR2-containers gehaald kunnen worden. Vervolgens zullen de elementen in een speciale bus worden geplaatst die kan worden opgeslagen. Insluiting en afscherming worden dan door het HABOG gewaarborgd in plaats van door de MTR2-container.

In Figuur 14 staat een totaal aan opgeslagen GBq bij de COVRA. De toename in 2000 is geheel toe te wijzen aan de MTR2-containers.

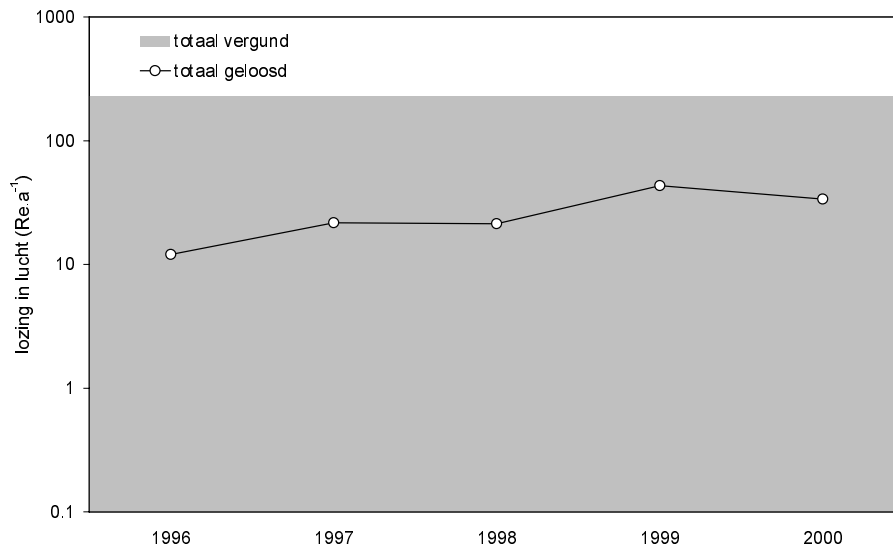


Figuur 14 Aantal GBq radioactief afval opgeslagen bij COVRA

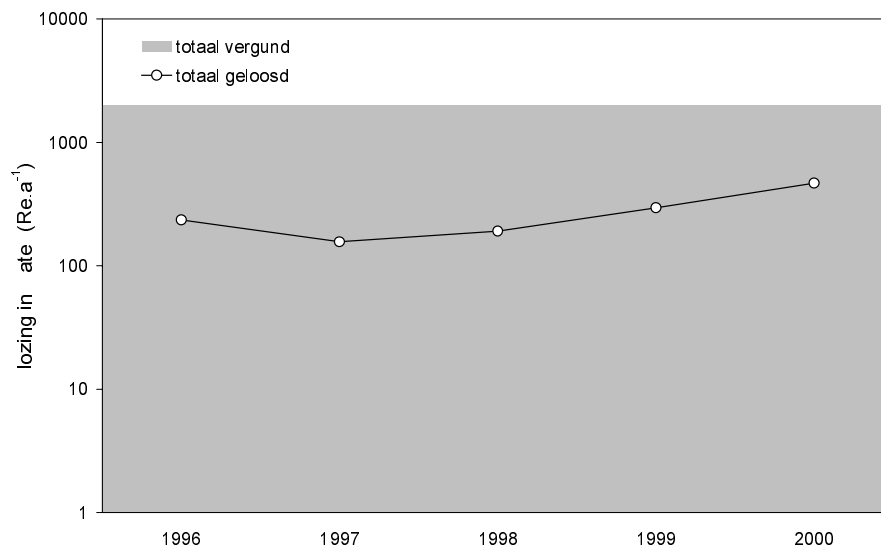
De COVRA heeft een grote hoeveelheid aan radionucliden in opslag. De manier van opslaan bij de COVRA maakt deze radionucliden (vrijwel) niet beschikbaar voor de belastingpaden inhalatie en ingestie. Daarom is ervoor gekozen om de opslag bij de COVRA weer te geven in GBq in plaats van  $Re_{inh}$  en  $Re_{ing}$ .

### Onderzoekscentrum ECN te Petten

Bij de opgave van ECN voor edelgassen is het getal uit de jaarrapportage van ECN overgenomen. ECN berekent echter de concentratie aan edelgassen door uit te gaan van een theoretische jaarlozing in een half-oneindige bol met een straal van 100 m. Het volume hiervan is circa 100 maal kleiner dan het volume dat jaarlijks de lozings schoorsteen verlaat. Het aantal geloosde Re's is afhankelijk van de concentratie, zodat ECN een overschatting voor edelgassen geeft van circa een factor 100.



Figuur 15 Vergunde en werkelijke lozingen in lucht door ECN in de jaren 1996 – 2000

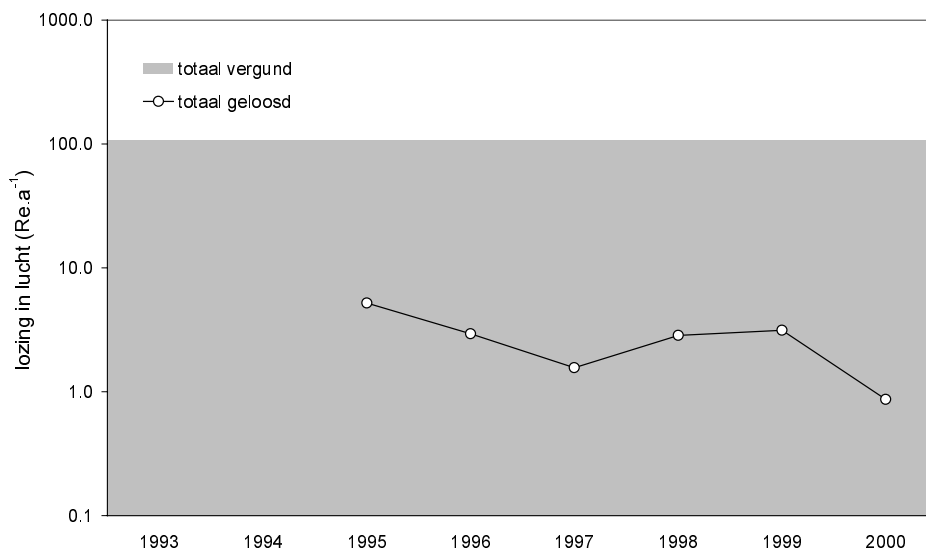


Figuur 16 Vergunde en werkelijke lozingen in water door ECN in de jaren 1996 – 2000

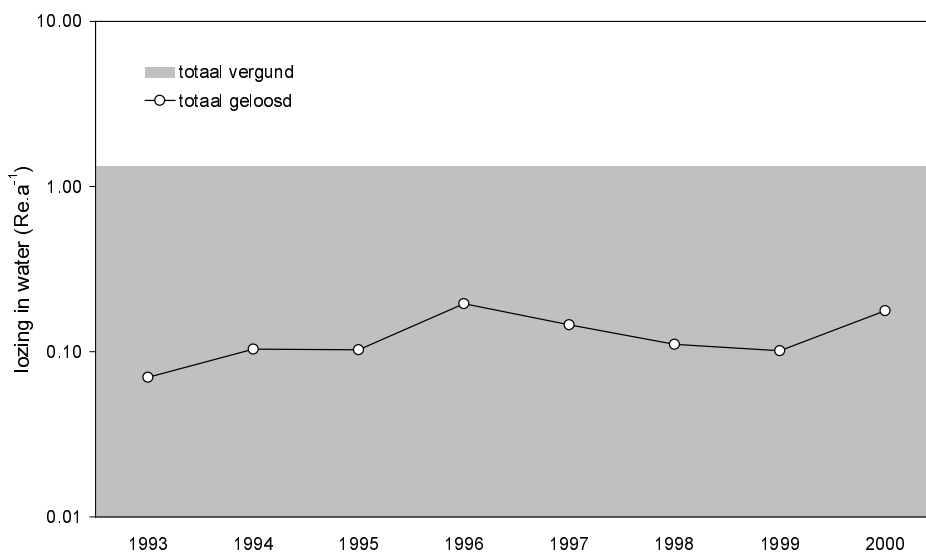
Circa 90% van de geloosde activiteit wordt veroorzaakt door beta- en gammastralers in afvalwater. De toename in activiteit in vergelijking met 1999 kan voor een deel toegeschreven worden aan activiteiten van HFR/GCO. Het totaal aan geloosde Re's in 2000 is circa 23 % van de jaarlijkse maximale lozingslimiet.

### Verrijkingfabriek Urenco

Een belangrijk deel van de geloosde Re's vindt plaats naar lucht. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het gesommeerde ventilatiedebiet van vijf fabrieken (CSB, SP2, SP3, SP4, SP5) circa  $2 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$  bedraagt. De door Urenco gerapporteerde jaarlozingen liggen in de orde van 0,2 tot 1  $\text{MBq} \cdot \text{a}^{-1}$  in lucht en 1,5 tot 15  $\text{MBq} \cdot \text{a}^{-1}$  in water. Dit betekent dat er gemiddeld minder dan  $0,5 \text{ mBq} \cdot \text{m}^{-3}$  in lucht wordt geloosd, hetgeen in praktijk zeer dicht bij de detectiegrens ligt. Gezien de altijd aanwezige totaal- $\alpha$  en totaal- $\beta$  achtergrond in lucht is die detectiegrens nauwelijks te verlagen. Van 1993 en 1994 zijn geen gegevens over lozingen in lucht bekend.



Figuur 17 Vergunde en werkelijke lozingen in lucht door Urenco in de jaren 1993 – 2000



Figuur 18 Vergunde en werkelijke lozingen in water door Urenco in de jaren 1993 – 2000

### 5.3 Procesindustrie

Bij het verwerken en opslaan van natuurlijke radioactieve stoffen, zoals ertsen, vindt lozing van radionucliden plaats. Bij opslag van grondstoffen, reststoffen en afvalstoffen en mogelijk ook het eindproduct kan tevens externe straling van belang zijn.

#### *Hydro Agri en Tessenderlo Chemie (Vlaardingen)*

In de vergunning van 1993 [45] wordt aangegeven dat het effectief dosisequivalent\* buiten de terreingrens zo laag als redelijkerwijs mogelijk is, dient te zijn. Verder moet ervoor worden gezorgd dat het effectief dosisequivalent per 31 december 1999 onder de  $40 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$  bedraagt. In de gedoogvergunning van 1998 [46] en in de vergunning van 1999 [47] is deze limiet voor de potentiële stralingsbelasting verhoogd naar  $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ .

In de vergunningen worden de luchtlozingen uitgedrukt in de hoeveelheid geloosde activiteit per jaar, niet gespecificeerd naar radionuclide. Het is dan ook niet mogelijk om tot een omrekening naar vergunde Re's te komen. De vergunde luchtlozingen zijn  $0,12 \text{ GBq}\cdot\text{a}^{-1}$  (1993-1995, 1998 en later, [45,46]) en  $0,05 \text{ GBq}\cdot\text{a}^{-1}$  (1996 en 1997 [45]). Wel valt nog op te merken dat er een hoeveelheid  $^{222}\text{Rn}$  vrijkomt in de orde van  $1000 \text{ GBq}\cdot\text{a}^{-1}$  hetgeen overeenkomt met  $6300 \text{ Re}\cdot\text{a}^{-1}$ . Dit is kennelijk bij de vergunningaanvraag en -verlening niet onderkend.

In de jaarlijkse rapportage in het kader van de KEW-vergunning rapporteert Hydro Agri geen luchtlozingen hoewel het dat volgens de vergunning wel verplicht is.

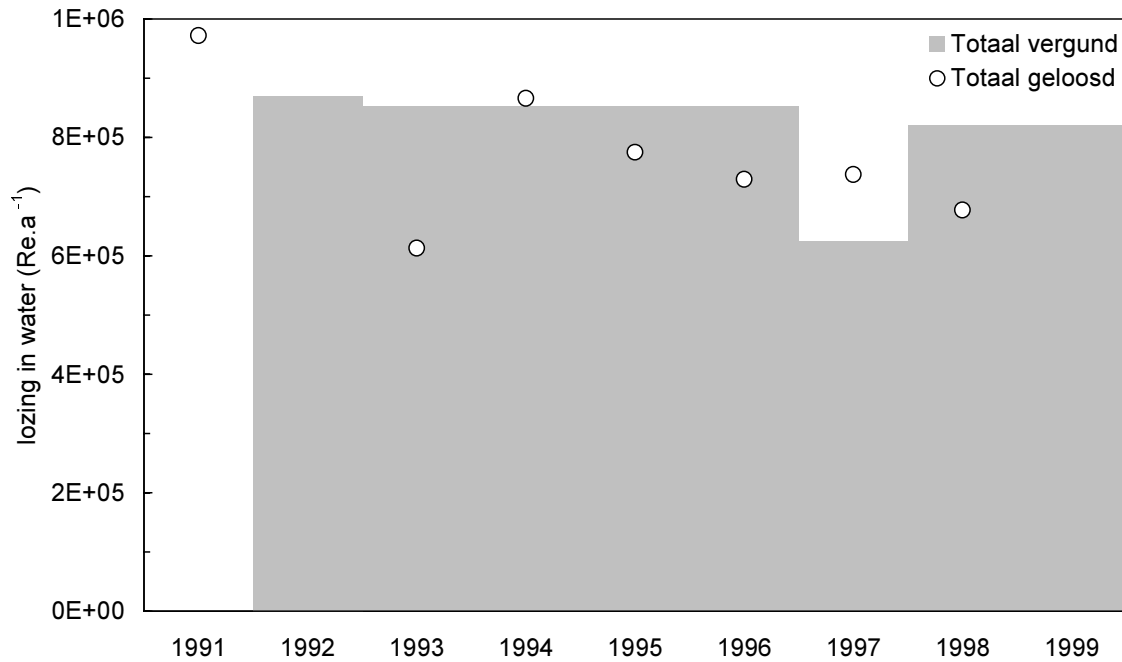
Een overzicht van de waterlozingen en de vergunde waarden is weergegeven in Figuur 19. In 1992 werd een gedoogvergunning afgegeven in afwachting tot de uiteindelijke vergunning, die in 1993 werd afgegeven [45]. Hierin zijn lozingslimieten voor water gesteld die vanaf 1 januari 1997 met 30% zijn verlaagd. In 1998 werd een gedoogvergunning, met hogere lozingslimieten, afgegeven in verband met het vernietigen van de oorspronkelijke vergunning [46]. In 1994 is de totale lozingshoeveelheid overschreden, alsmede de vergunde hoeveelheden  $^{226}\text{Ra}$  en  $^{210}\text{Po}$ . In 1995 is de vergunde lozingshoeveelheid  $^{226}\text{Ra}$  overschreden. In 1997 zijn de lozingslimieten voor zowel  $^{210}\text{Po}$  en  $^{210}\text{Pb}$ , als  $^{226}\text{Ra}$  overschreden.

Hydro Agri rapporteert geen metingen van het omgevingsdosisequivalent en is dat volgens de vergunningen ook niet verplicht.

---

\* Effectief dosisequivalent is een dosismaat uit ICRP-rapport 26 (1977). Deze is vergelijkbaar met de huidige effectieve dosis, maar is niet direct om te rekenen.





*Figuur 19 Hydro Agri: waterlozingen. De niet gemeten radionucliden uit de vervalreeksen van <sup>238</sup>U en <sup>232</sup>Th zijn op dezelfde wijze meegeteld als dat voor de vergunde lozingen wordt voorgeschreven*

#### *Kemira (Pernis)*

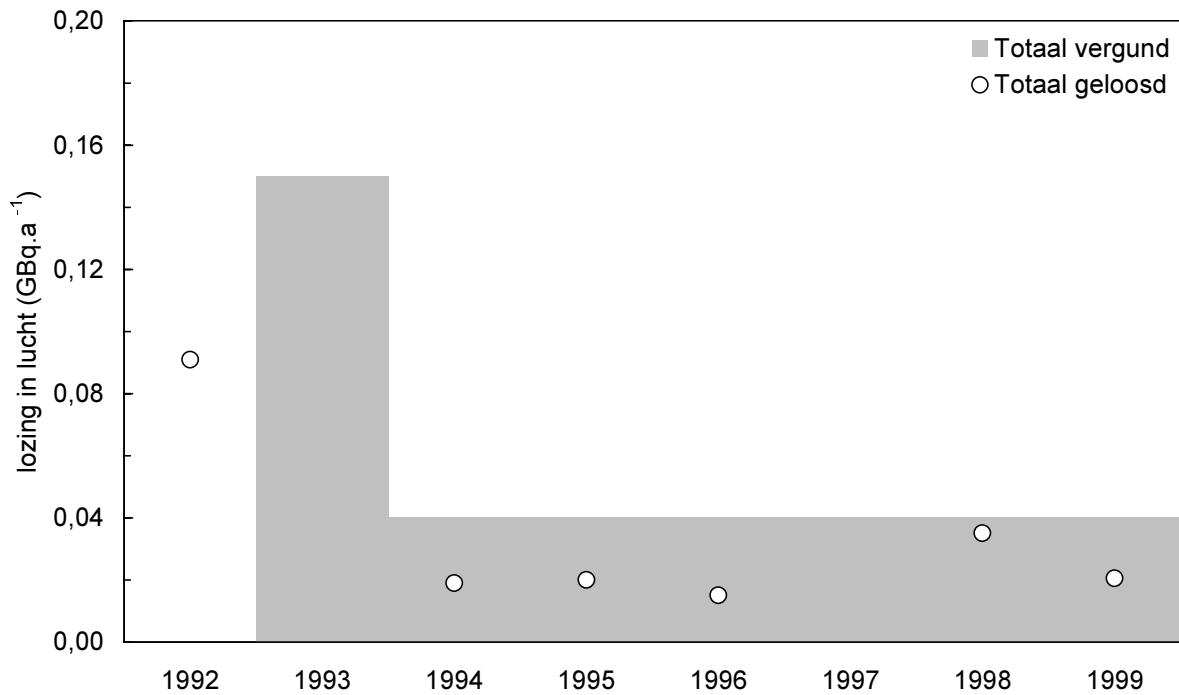
In de vergunning van 1993 [48] wordt aangegeven dat het effectief dosisequivalent buiten de terreingrens zo laag als redelijkerwijs mogelijk is, dient te zijn. Verder moet ervoor worden gezorgd dat het effectief dosisequivalent per 31 december 1999 minder dan 40  $\mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$  bedraagt.

In de gedoogvergunning van 1998 [49] en de vergunning van 1999 [50] is deze limiet voor de MID verhoogd naar 100  $\mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ .

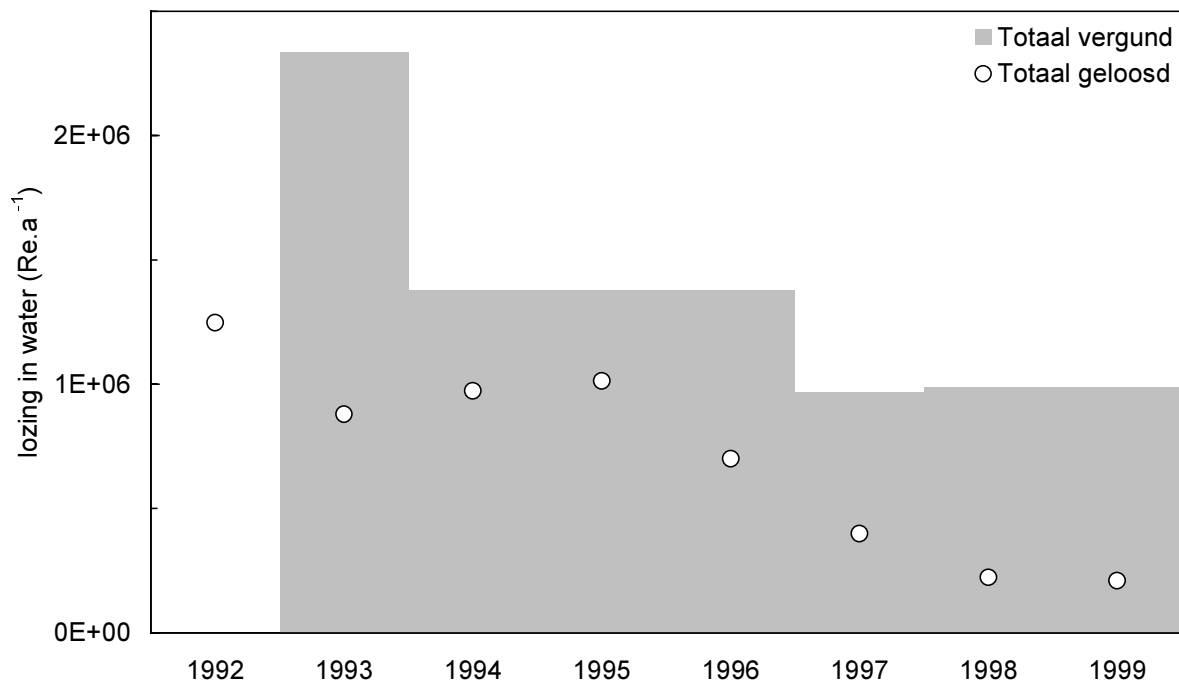
Een overzicht van de luchtlozingen en de vergunde waarden is weergegeven in Figuur 20. In de vergunningen worden de luchtlozingen uitgedrukt in de hoeveelheid geloosde activiteit per jaar, niet gespecificeerd naar radionuclide. Het is dan ook niet mogelijk om tot een omrekening naar vergunde Re's te komen. Wel valt nog op te merken dat er een aanzienlijke hoeveelheid <sup>222</sup>Rn vrijkomt (in de orde van 1000  $\text{GBq}\cdot\text{a}^{-1}$  hetgeen overeenkomt met 6300  $\text{Re}\cdot\text{a}^{-1}$ ), terwijl de vergunde luchtlozingen tussen de 0,15 en 0,04  $\text{GBq}\cdot\text{a}^{-1}$  variëren. Dit is kennelijk bij de vergunningaanvraag en verlening niet onderkend.

Een overzicht van de waterlozingen en de vergunde waarden is weergegeven in Figuur 21. In de vergunning van 1993 [48] zijn lozingslimieten gesteld die vanaf 1997 met 30% werden verlaagd. De geloosde hoeveelheid <sup>228</sup>Ra overschreed in 1993 de vergunde limiet. In 1998 is een gedoogvergunning [49], met iets hogere lozingslimieten voor <sup>228</sup>Ra en overige radionucliden uit de <sup>232</sup>Th-reeks, afgegeven in verband met het vernietigen van de oorspronkelijke vergunning. De lozingslimieten van de in 1999 afgegeven vergunning [50] zijn gelijk aan die van de gedoogvergunning uit 1998.

Kemira rapporteert geen metingen van het omgevingsdosisequivalent en is dat volgens de vergunningen ook niet verplicht.



Figuur 20 Kemira: luchtlozingen exclusief de lozing van <sup>222</sup>Rn

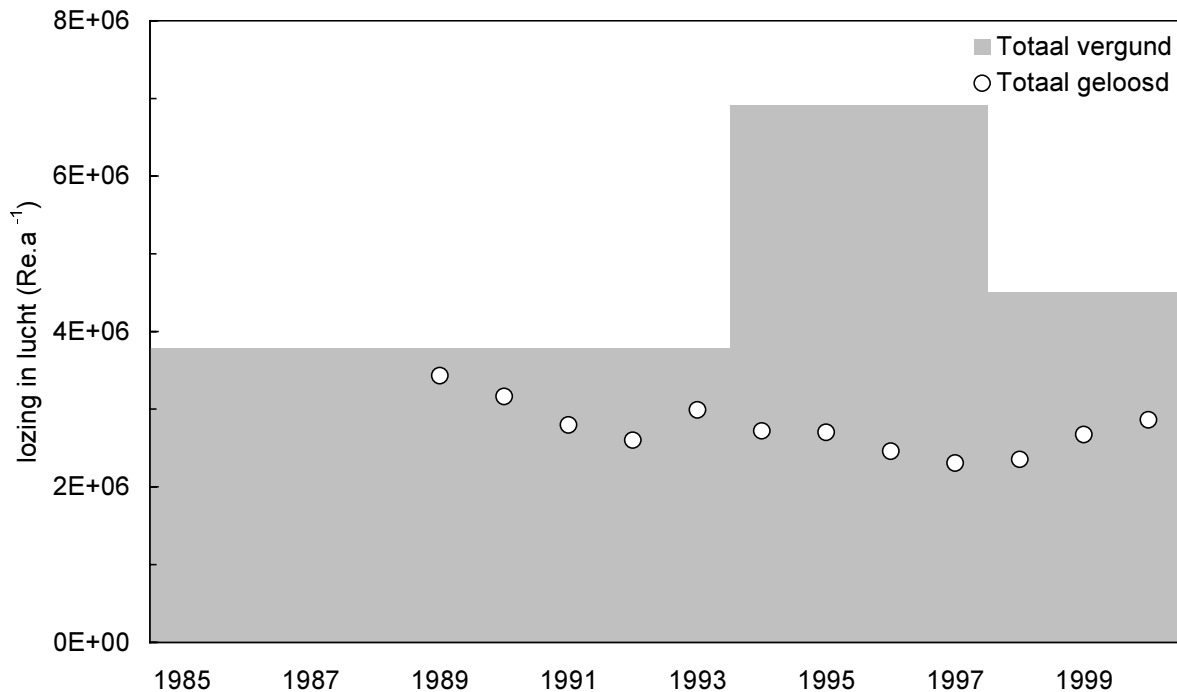


Figuur 21 Kemira: waterlozingen. De niet gemeten radionucliden uit de vervalreeksen van <sup>238</sup>U en <sup>232</sup>Th zijn meegeteld op dezelfde wijze als dat voor de vergunde lozingen wordt voorgeschreven

*ThermPhos*

In de vergunningen vanaf 1994 [51,52] wordt aangegeven dat de AID buiten de terreingrens zo laag dient te zijn als redelijkerwijs mogelijk is en onder de grens van  $40 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$  moet blijven.

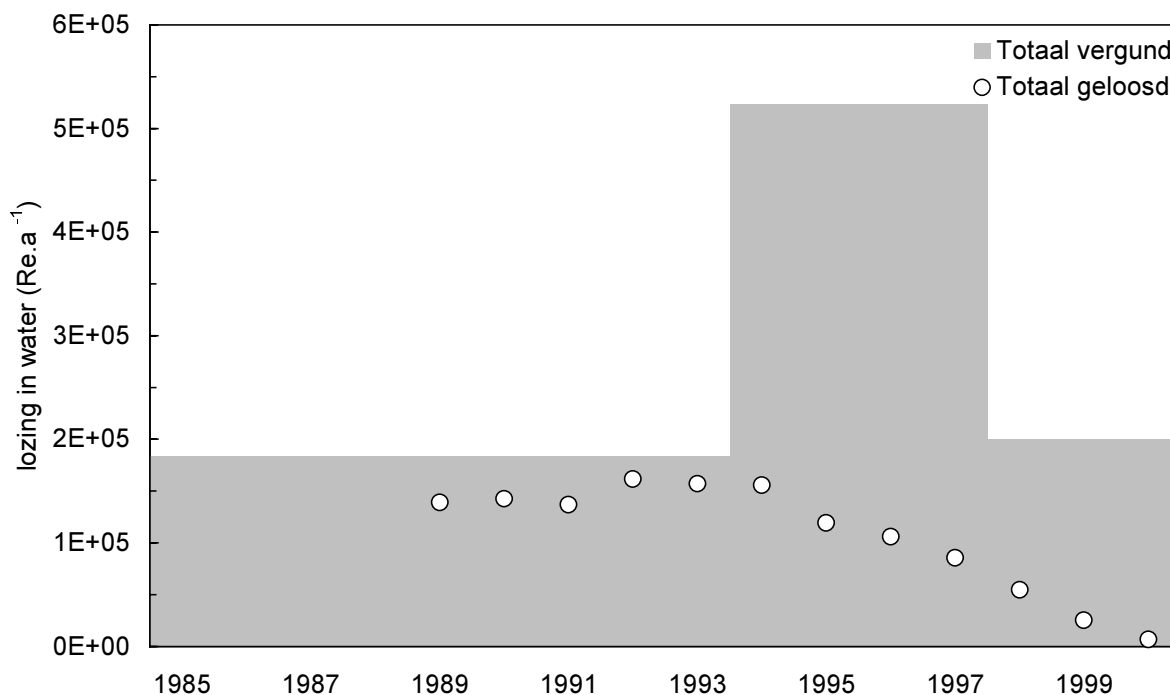
Een overzicht van de luchtlozingen en de vergunde waarden is weergegeven in Figuur 22. In 1994 zijn de lozingslimieten verhoogd, aangezien ze regelmatig werden overschreden voor specifieke radionucliden, terwijl het destijds gehanteerde AIR onder de  $10^{-6}$  bleef. In 1998 zijn de limieten weer verlaagd.



*Figuur 22 ThermPhos: luchtlozingen. De data zijn weergegeven als een lopend drie-jaars gemiddelde, zoals voorgeschreven in de vergunningen vanaf 1994*

Een overzicht van de waterlozingen en de vergunde waarden is weergegeven in Figuur 23. In 1994 zijn de lozingslimieten verhoogd, aangezien die in 1992 voor  $^{210}\text{Po}$  werd overschreden. Bovendien bleek dat de risico's van de lozingen in het verleden waren overschat. In 1998 zijn de lozingslimieten weer verlaagd in verband met verbeteringen aan de gaswasinstallaties, waardoor vooral de waterlozingen sterk afnamen.

Afgezien van de eis aan de AID, wordt er geen aparte limiet gegeven voor de hoeveelheid vergunde externe straling. Vóór 1998 hoefde er niet over te worden gerapporteerd en dat gebeurde ook niet. Vanaf 1998 moet het externe stralingsniveau wel worden gerapporteerd. De volgende waarden voor de berekende AID door externe straling worden gegeven: in 1998:  $2,2 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ , in 1999:  $1,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$  en in 2000:  $0,75 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ .



*Figuur 23 ThermPhos: waterlozingen. De data zijn weergegeven als een lopend drie-jaars gemiddelde, zoals voorgeschreven in de vergunningen vanaf 1994*

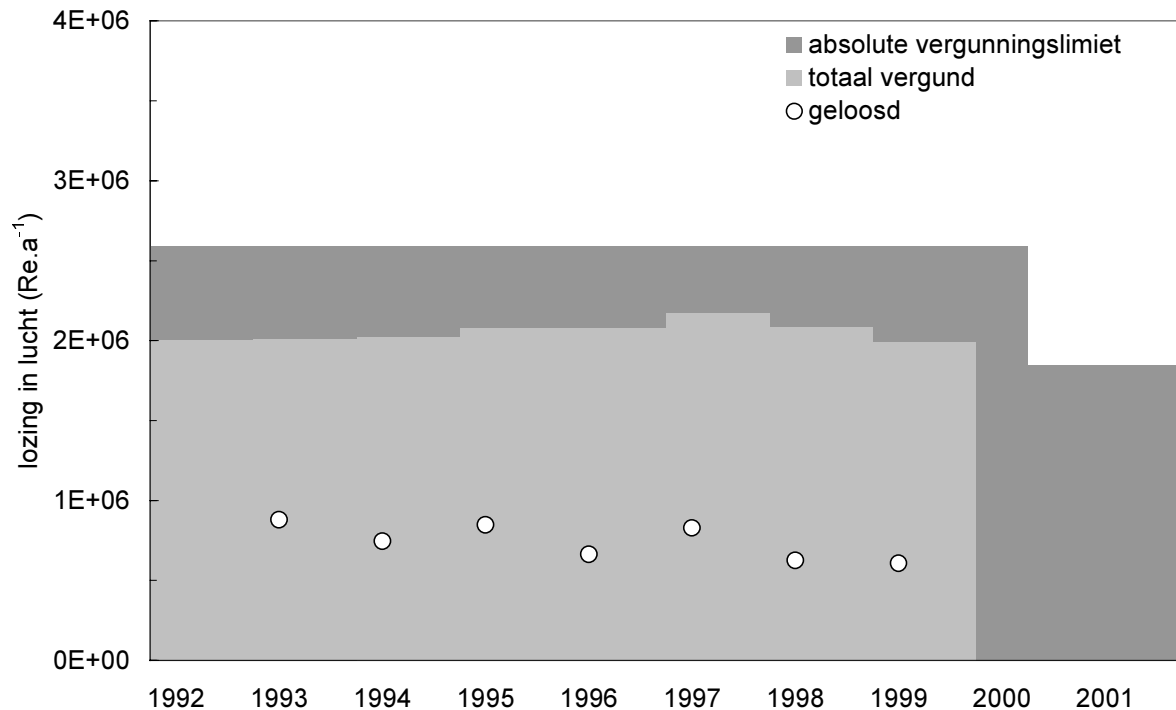
#### *Corus (IJmuiden)*

In de vergunning van 1992 [53] wordt voorgeschreven dat de lozingen per 2000 dusdanig moeten worden beperkt dat de door de lozingen veroorzaakte individuele dosis maximaal  $4 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$  is. In de vergunningen van 1997 [54] en 1998 [55,56] wordt geëist dat de MID lager dan  $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$  moet zijn.

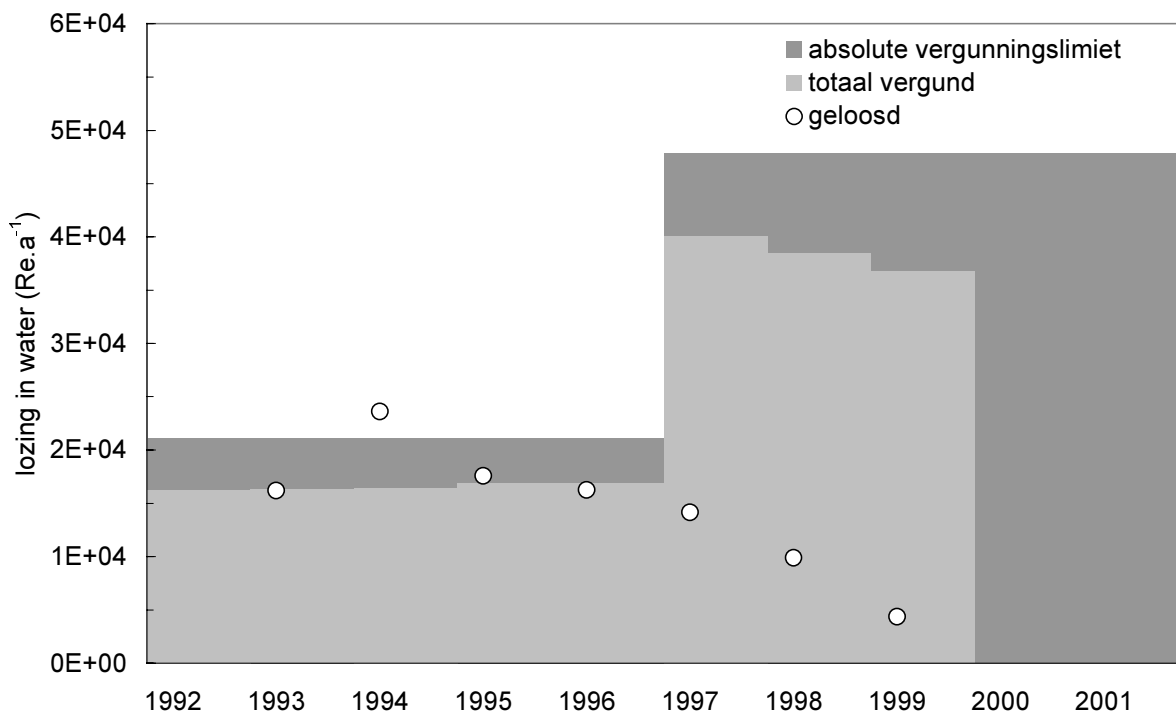
In Figuur 24 zijn de luchtlozingen weergegeven. Opgemerkt moet worden dat de lozingen op twee manieren worden beperkt: enerzijds is er een maximale lozing per ton geproduceerd staal, maar er is ook een maximaal toegestane staalproductie met een daarbij horende vergunningslimiet, hier de absolute vergunningslimiet genoemd. Tot nu toe wordt die maximale productie niet gehaald. De daling in de vergunningslimiet per mei 2000 hangt samen met het dan operationeel zijn van een vernieuwde gaswasinstallatie.

In Figuur 25 zijn de waterlozingen weergegeven. Ook hier worden de lozingen op twee manieren beperkt: enerzijds is er een maximale lozing per ton geproduceerd staal, maar er is ook een maximaal toegestane staalproductie met een daarbij horende vergunningslimiet. In 1997 zijn de lozingslimieten verhoogd [57]. De redenen hiervoor zijn dat deze limiet in voorgaande jaren regelmatig werd overschreden. Tevens werd duidelijk dat de stralingsbelasting door de waterlozingen lager was dan voorheen werd aangenomen en dat er door Corus gewerkt werd aan het verlagen van de waterlozingen.

In de complexvergunning voor de bronnen en toestellen uit 1998 [58] wordt als eis aan het gebruik van deze bronnen en toestellen gesteld dat de bijdrage hiervan aan de MID maximaal  $0,4 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$  mag zijn. Een onderbouwde schatting van deze bijdrage dient ieder jaar te worden gerapporteerd. De door Corus gerapporteerde bijdrage aan de MID in 1997 en 1998 is  $0,26 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ .



Figuur 24 Luchtlozingen Corus.



Figuur 25 Waterlozing Corus

#### Eggerding (Amsterdam)

Eggerding heeft in 1994 een vergunning gekregen [59], die nog steeds geldig is, hoewel er sinds 1997 aan een vernieuwde vergunning gewerkt wordt. De volgende zaken zijn in de vergunning geregeld. De activiteit die maximaal voorhanden mag zijn, bedraagt 2000 GBq voor de totale activiteit van de <sup>232</sup>Th-reeks, 300 GBq voor de totale <sup>235</sup>U-reeks en 8000 GBq voor de totale <sup>238</sup>U-reeks. De limieten voor lozingen in lucht bedragen 0,3 GBq.a<sup>-1</sup> voor  $\alpha$ -stralers via lozingskanalen, 0,24 GBq.a<sup>-1</sup> voor  $\beta$ -stralers via lozingskanalen, 0,4 GBq.a<sup>-1</sup> voor

$\alpha$ -stralers via diffuse verspreiding en  $0,3 \text{ GBq.a}^{-1}$  voor  $\beta$ -stralers via diffuse verspreiding. De limieten voor lozingen in water bedragen  $4 \text{ GBq.a}^{-1}$  voor  $\alpha$ -stralers en  $3 \text{ GBq.a}^{-1}$  voor  $\beta$ -stralers. Bovendien moet de stofconcentratie bij de lozingskanalen lager dan  $10 \text{ mg.m}^{-3}$  zijn en mag de actuele individuele dosis buiten de terreingrens maximaal  $40 \text{ }\mu\text{Sv.a}^{-1}$  bedragen.

Een vergelijking met de werkelijke lozingen in water en lucht is niet mogelijk, aangezien die niet gerapporteerd zijn. Wel worden in de radiologische rapportage gegevens over de dosis aan de terreingrens voor 1994 en 1995 gegeven, zie Tabel 8. De waarden in deze tabel zijn de gemiddelden over de vier metingen die per jaar zijn uitgevoerd, en gemiddeld over de locatie indien er op meer punten is gemeten. Het blijkt dat zowel in 1994 als in 1995 op alle plaatsen de ID de waarde van  $40 \text{ }\mu\text{Sv.a}^{-1}$  overschrijdt. De AID overschrijdt in 1994 op drie plaatsen de  $40 \text{ }\mu\text{Sv.a}^{-1}$ , terwijl dat in 1995 op nog één punt het geval is. De hoogst gemeten waarde voor de ID in 1994 was  $10 \text{ mSv.a}^{-1}$  op een meetpunt aan de oostzijde van de loodsen op pier Amerika en in 1995 was dat  $15 \text{ mSv.a}^{-1}$ , op dezelfde plaats.

Tabel 8 Gemiddelde stralingsniveau's (in  $\mu\text{Sv.a}^{-1}$ ) aan de terreingrens van Eggerding

Plaats	1994	1994	1995	1995
	ID	AID	ID	AID
oostzijde loodsen pier Amerika	1901	380	2797	559
noordeinde pier Amerika	479	5	382	4
westzijde pier Amerika	299	60	108	22
oostzijde Westerhoofd	306	61	135	27
zuidzijde Westerhoofd	140	28	199	40
noord/west einde Westerhoofd	502	5	414	4
westzijde Westerhoofd	439	4	324	3

## 5.4 Medische instellingen

### Open bronnen

Vóór 1995 hing de vergunde voorraad open stoffen van medische instellingen af van de aanwezigheid van B- of C-laboratoria [3]. In vergunningen van na 1995 wordt voor de berekening van de vergunde voorraad open radioactieve stoffen meestal verwezen naar bijlage 2 van de Richtlijn radionuclidenlaboratoria [32]. Omdat daarin niet eenduidig staat aangegeven hoe de voorraadlimiet moet worden berekend, is er geen directe relatie meer met het aantal B- of C-laboratoria of met de jaarinkoop van de betreffende medische instelling. Voor de medische instellingen met een complex-, inrichtings- of verzamel-vergunning zijn in Tabel 9 de vergunde voorraad en de lozingslimieten vermeld. Voor de overige ziekenhuizen is de vergunde voorraad vaak nog gebaseerd op de aanwezigheid van een B- of C-laboratorium.

Berekening van de limieten voor lozingen in lucht en water geschiedt volgens de in de Richtlijn radionuclidenlaboratoria [32] voorgeschreven rekenregels. Zowel in de keuze van de parameterwaarden als in de berekeningswijze van de theoretisch maximale lozing in water (MLW) verschillen de medische instellingen onderling. Sommige instellingen voeren een generieke berekening uit waarbij de inkoop voor de gehele instelling wordt gebruikt, andere delen de inkoop in naar handeling en voeren daarna de berekening uit met voor die handeling specifieke parameterwaarden. Daarna worden de resultaten voor de verschillende handelingen gesommeerd. Analooq aan de berekening van de MLW worden er ook verschillende

benaderingswijzen bij de berekening van de theoretisch maximale lozing in lucht (MLL) gehanteerd. De verschillende keuzes voor de parameterwaarden kunnen in theorie leiden tot een factor  $10^7$  verschil in MLL bij verschillende ziekenhuizen met eenzelfde inkoop (!). Daarnaast bestaat nog de keuze om de berekening uit te voeren met de gehele inkoop aan radioactieve stoffen dan wel deze te beperken tot alleen de vluchtige verbindingen. Door de grote verschillen in benaderingswijze zijn de door de instellingen opgegeven MLW's en MLL's moeilijk onderling te vergelijken.

*Tabel 9 Overzicht van de vergunde 'voorraad' en lozingslimieten naar lucht en water en de dosislimiet aan de terreingrens voor de veertien onderzochte instellingen met een complex-, inrichtings- of verzamelvergunning*

medische instelling	jaar	'voorraad' $Re_{inh}$	lozingslimiet lucht gew. $Re_{inh}$	lozingslimiet water gew. $Re_{ing}$	effectief dosequivalent buiten de terreingrens $\mu Sv.a^{-1}$
academisch ziekenhuis	1997	2.000	30	100	40
academisch ziekenhuis	1999	16.000	100	500	1
academisch ziekenhuis	2000	1.500	-	-	40
academisch ziekenhuis	1998	1.500	0,5	500	40
academisch ziekenhuis	1999	10.000	20	200	20
academisch ziekenhuis	2001	1.000	-	-	10
academisch ziekenhuis	1996	15.000	5	500	80
academisch ziekenhuis	1997	3.000	12	180	10
kankerkliniek	1999	2.500	4	400	40
kankerkliniek	1995	20.000	5	500	40
radioth. instelling	1999	300	0,01	1	20
radioth. instelling	1998	250	0,5	10	40
radioth. instelling	1998	400	2	115	20
radioth. instelling	1999	2.000	0,5	250	30

- niet vermeld

In Tabel 10 staat de gesommeerde inkoop over 15 van de 23 geselecteerde instellingen voor het jaar 1998. In vijf radiotherapeutische instellingen worden geen open stoffen gebruikt, van drie algemene ziekenhuizen waren geen inkoopgegevens beschikbaar. Per instelling is gemiddeld  $4,7 \cdot 10^6$  MBq aan radionucliden ingekocht. De ingekochte activiteit wordt voor 85% bepaald door Kr- en Tc-generatoren. Uitgedrukt in  $Re_{inh}$  bedraagt de inkoop gemiddeld 4000  $Re_{inh}$  per instelling, waarbij  $^{131}I$  voor 50% en Mo/Tc voor 40% bijdraagt.

De inkoop (Bq) van de academische ziekenhuizen en de kankerklinieken is in de periode 1994-1998 jaarlijks met 10-25 % toegenomen. Deze toename wordt voornamelijk veroorzaakt door de toename van de  $^{99}Mo/^{99}Tc$ -toepassingen. De gegevens van de overige instellingen zijn niet toereikend om hierover een kwantitatieve uitspraak te doen. Analyse van de gegevens laat wel zien dat de radionucliden  $^{45}Ca$ ,  $^{59}Fe$  en  $^{63}Ni$  die in het rapport van de Gezondheidsraad over radionuclidenlaboratoria [60] worden genoemd nog in beperkte mate worden toegepast, terwijl het gebruik van  $^{67}Ga$ ,  $^{81}Kr$ ,  $^{89}Sr$ ,  $^{90}Y$ ,  $^{111}In$ ,  $^{123}I$ ,  $^{186}Re$  en  $^{201}Tl$  sterk is toegenomen. Tevens is er een toename in de toepassing van de PET-radionucliden  $^{11}C$ ,  $^{15}O$  en  $^{18}F$ . Het laatste radionuclide wordt bij vijf academische ziekenhuizen en één algemeen ziekenhuis toegepast,  $^{11}C$ , en  $^{15}O$  bij één academisch ziekenhuis. NEA/OECD [61] meldt voor westerse landen een toenemende vraag naar radionucliden in de medische sector. Men verwacht de grootste groei op het terrein van radionucliden voor diagnostiek en nucleaire therapie. Daarbij

wordt wel aangegeven dat die groei sterk afhankelijk is van overheidsbeleid ten aanzien van volksgezondheidsuitgaven.

*Tabel 10 Totale gesommeerde inkoop aan open stoffen over 15 van de 23 geselecteerde medische instellingen voor het jaar 1998. Alleen radionucliden die meer dan 1% van de totale inkoop (in MBq of  $Re_{inh}$ ) uitmaken zijn vermeld. De berekening is uitgevoerd met de maximale waarde voor de DC's volgens de EU [1]*

radionuclide	inkoop MBq	$DC_{inh}$ $Sv.Bq^{-1}$	inkoop $Re_{inh}$
$^{81m}Kr$	$6,1 \cdot 10^6$	-	0
$^{89}Sr$	$3,3 \cdot 10^5$	$7,9 \cdot 10^{-9}$	2576
$^{99}Mo$	$2,4 \cdot 10^7$	$9,9 \cdot 10^{-10}$	23831
$^{99m}Tc$	$2,9 \cdot 10^7$	$2,0 \cdot 10^{-11}$	585
Mo/Tc	$1,4 \cdot 10^6$	-	0
$^{131}I$	$4,2 \cdot 10^6$	$7,4 \cdot 10^{-9}$	31157
totaal	$7,0 \cdot 10^7$		60019

Op basis van de inkoop is een schatting gemaakt van de MLW voor diverse medische instellingen (Tabel 11). De parameterwaarden  $Z_i$  en  $s_i$  zijn voor alle instellingen gelijk gesteld aan 1 respectievelijk 0. Hierdoor komen de hier berekende MLW's voor een aantal instellingen hoger uit dan die vermeld in de jaarrapportages. Voor instellingen waar van een worst-case benadering is uitgegaan, zijn de MLW's vergelijkbaar met onze resultaten. De hier berekende waarden voor de verschillende instellingen variëren tussen 25 en 1859  $Re_{ing}$ . De voornaamste radionucliden die de MLW bepalen zijn  $^{131}I$  (86%),  $^{125}I$  (9%), en  $^{89}Sr$  (8%).

De meeste ziekenhuizen lozen hun radioactief afvalwater via opvangtanks op het riool. In oude (complex)vergunningen bestond de verplichting de hoeveelheid radioactiviteit in het afvalwater te meten en te registreren. In de Richtlijn radionuclidenlaboratoria [32] wordt aangegeven dat deze verplichting niet meer zou bestaan indien de berekende lozing ruim beneden het secundair niveau blijft. De indruk bestaat dat er in veel medische instellingen nog metingen worden verricht.

De lozingen in water variëren van enkele tientallen tot enkele honderden  $m^3$  per jaar. De samenstelling van de lozingen betreft volgens de opgaven vaak  $^3H$ ,  $^{14}C$ / $^{35}S$ ,  $^{32}P$ ,  $^{51}Cr$ ,  $^{125}I$  en  $^{131}I$ . Werkelijke lozingen bevinden zich meestal tussen 0,005 en 1  $Re_{ing} \cdot a^{-1}$ , met enkele uitschieters naar boven. Gemiddeld bedraagt de werkelijke lozing naar schatting 0,8  $Re_{ing}$ : zie Tabel 11. Deze waarde ligt meer dan een factor 200 lager dan de berekende MLW's.



*Tabel 11 De door diverse instellingen in vergunningaanvragen en jaarverslagen opgegeven lozing in water: de berekende MLW (n = 32) en de werkelijke lozing (n=43). Gegevens uit de periode 1988-1999*

	MLW gew. $\text{Re}_{\text{ing}} \cdot \text{a}^{-1}$	werkelijke lozing gew. $\text{Re}_{\text{ing}} \cdot \text{a}^{-1}$
maximum	594	11,8
minimum	0,027	0,0006
gemiddelde	153	0,8
mediaan	95	0,24

In 18 van de 23 geselecteerde instellingen wordt  $^{131}\text{I}$ -therapie toegepast. Tot halverwege de jaren negentig werd  $^{131}\text{I}$ -therapie toegepast in circa 32 van de 70 instellingen met een afdeling nucleaire geneeskunde [13, 16]. Op grond van afgegeven vergunningen blijkt dat dit aantal sindsdien is toegenomen tot rond de 50 instellingen.

De berekende hoeveelheid  $^{131}\text{I}$  die via patiënten wordt geloosd, is weergegeven in Tabel 12. In 1998 werden er in Nederland ruim 4000 patiënten voor hyperthyreoïdie met  $^{131}\text{I}$  behandeld en circa 300 voor schildklierkanker [13, 62]. De toegediende hoeveelheid bedraagt bij hyperthyreoïdie minder dan 1200 MBq en bij schildklierkanker tussen de 1100 en 11000 MBq per patiënt. Uit een overzicht [16] uit 1990 blijkt dat ruim 50% van de patiënten minder dan 400 MBq toegediend kreeg (Tabel 12). Deze patiënten worden poliklinisch behandeld en verlaten direct na behandeling het ziekenhuis. In de berekeningen is van hetzelfde percentage uitgegaan en is aangenomen dat de patiënt bij ontslag gemiddeld 150 MBq in het lichaam heeft. De overige patiënten krijgen meer dan 400 MBq toegediend en verblijven één of meer dagen in het ziekenhuis. De hoeveelheid in het lichaam bij ontslag bedraagt ruwweg 400 MBq. De hoeveelheid die door deze patiënten na ontslag wordt uitgescheiden, bedraagt 6% van de bij ontslag aanwezige hoeveelheid [63]. Patiënten die  $^{131}\text{I}$ -diagnostiek hebben ondergaan, zijn in de berekening niet meegenomen. De totale hoeveelheid door patiënten geloosd  $^{131}\text{I}$  bedraagt 8480  $\text{Re}_{\text{ing}}$ . Vergeleken met de lozing door patiënten is de lozing door medische instellingen beperkt.

*Tabel 12 Schatting van de totale hoeveelheid  $^{131}\text{I}$  die in 1998 is geloosd door patiënten die na een  $^{131}\text{I}$ -therapie zijn ontslagen*

aandoening	toegediend per patiënt MBq	aantal patiënten	geloosd per patiënt MBq	totaal geloosd GBq	totaal geloosd $\text{Re}_{\text{ing}}$
hyperthyreoïdie	< 400	2240	150	336	
hyperthyreoïdie	> 400	1760	24	42	
schildklierkanker	> 400	300	24	7	
totaal				385	8480

Een schatting van de werkelijke lozing door één instelling bedraagt ongeveer  $0,8 \text{ Re}_{\text{ing}} \cdot \text{a}^{-1}$ : zie Tabel 11. Voor de circa 70 instellingen met een afdeling nucleaire geneeskunde resulteert dit in een totale lozing van  $35 \text{ Re}_{\text{ing}}$ .

In Tabel 13 is een samenvatting gegeven van 32 door medische instellingen in jaarverslagen en vergunningaanvragen vermelde MLL's. Deze zijn alle lager dan de vergunde MLL's. De meeste MLL's zijn kleiner dan  $2 \text{ Re}_{\text{inh}}$ . Het gemiddelde,  $12 \text{ Re}_{\text{inh}}$ , wordt voornamelijk bepaald door enkele hoge MLL's. Eigen berekening levert voor 1998 een gemiddelde op van ongeveer

2  $Re_{inh}$ . De MLL's in gewogen  $Re_{inh}$  worden voor 50% bepaald door  $^{131}I$  en voor 40% door  $^{99}Mo$ . Er zijn geen metingen van werkelijke lozings bekend.

Tabel 13 De door diverse instellingen in vergunningaanvragen en jaarverslagen opgegeven jaarlijkse lozing in lucht: de berekende MLL ( $n=32$ ). Gegevens uit de periode 1994-1998

	MLL gew. $Re_{inh} \cdot a^{-1}$
maximum	97
minimum	0,0024
gemiddelde	12
mediaan	1,9

### Ingekapselde bronnen

Van de ingekapselde bronnen komen hier alleen de grote bronnen die voor radiotherapie worden gebruikt aan de orde. Daarnaast bezitten de meeste medische instellingen grote aantallen ijkbronnen die tegenwoordig in vergunningen worden opgenomen zonder dat de radionucliden worden genoemd of die onder 'radionucliden uit de groepen a,b, c en d' worden vermeld. Bij therapietoeepassingen worden radionucliden en activiteiten doorgaans wel vermeld. Tabel 14 geeft daarom een overzicht van het aantal specifiek vergunde en het aantal aanwezige grote ingekapselde bronnen.

Tabel 14 Aantal in vergunningen specifiek genoemde en aanwezige grote ingekapselde bronnen bij de 23 geselecteerde medische instellingen: voor  $^{60}Co$  telecurie,  $^{137}Cs$  bestraling, HDR, PDR en LDR is het aantal apparaten genoemd, voor  $^{125}I$ -zaadjes en  $^{90}Sr$ -oogapplicatoren het aantal instellingen met deze toepassing. Situatie 1999

	telecurie $^{60}Co$	bestraling $^{137}Cs$	HDR $^{192}Ir$	PDR $^{192}Ir$	LDR $^{137}Cs$	LDR $^{192}Ir$	$^{125}I$ - zaadjes	$^{90}Sr$ - oogappl.
<i>vergund</i>								
alg. ziekenhuizen	4	0	5	1	4	5	0	2
acad. ziekenhuizen	1	7	3	2	2	2	2	3
kankerklinieken	2	4	1	0	2	2	1	0
radiotherap. instellingen	2	0	5	4	6	6	1	2
totaal	9	11	14	7	14	15	4	7
<i>aanwezig</i>								
alg. ziekenhuizen	2	0	5	0	4	4	0	1
acad. ziekenhuizen	0	8	3	3	5	3	4	4
kankerklinieken	2	4	3	1	2	2	2	1
radiotherap. instellingen	3	0	4	2	3	2	1	2
totaal	7	12	15	6	14	11	7	8

In de jaren zestig werden voor radiotherapie vaak  $^{226}Ra$ -bronnen gebruikt. In de jaren zeventig en tachtig zijn deze bronnen vervangen door  $^{192}Ir$  en in mindere mate door  $^{137}Cs$ . De laatste  $^{226}Ra$ -therapie-bronnen zijn in 1991 naar COVRA afgevoerd. Het aantal  $^{60}Co$ -telecurie-bronnen is sinds begin jaren tachtig sterk afgenomen, omdat deze telecurie-apparaten grotendeels door lineaire versnellers zijn vervangen. Deze vervanging is nu nagenoeg

afgerond. Nederland lijkt hierin voorop te lopen vergeleken met andere West-Europese landen [64, 65]. Bij de bestraling van bloed en cellen maakt men meestal gebruik van  $^{137}\text{Cs}$ . Zowel in Nederland als in het buitenland is sprake van een stabiele markt [61]. De komende jaren kan een aantal nieuwe toepassingen op de markt worden verwacht, waarbij onder andere straling wordt toegepast voor niet-tumor gerelateerde behandelingen [66, 67]. Naast de in Tabel 14 genoemde radionucliden dienen als recente toepassingen te worden genoemd:  $^{103}\text{Pd}$  ter vervanging van  $^{125}\text{I}$  in zaadjes voor de behandeling van prostaatkanker,  $^{106}\text{Ru}$  ter vervanging van  $^{90}\text{Sr}$  in oog-applicatoren en toepassing van  $^{32}\text{P}$  en  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$  ten behoeve van endovasculaire brachytherapie.

### Röntgentoestellen

Alle diagnostische röntgentoestellen  $\geq 100$  kV en alle therapeutische toestellen zijn vergunningplichtig. Het precieze aantal vergunde diagnostische toestellen in de 23 geselecteerde instellingen is moeilijk te geven omdat in enkele oude vergunningen geen maximum aantal staat vermeld. In een aantal gevallen zijn in de vergunning de diagnostische en de therapeutische toestellen tezamen opgenomen. Het aantal vergunde diagnostische toestellen (o.a. CT-scanners) bedraagt minimaal 730 en het aantal vergunde therapeutische toestellen minimaal 30. Het geschatte aantal aanwezige diagnostische en therapeutische röntgentoestellen voor de 23 geselecteerde medische instellingen staat vermeld in Tabel 15. Elk van deze instellingen bezit meestal enkele tientallen tot honderd diagnostische röntgentoestellen. Uitzondering hierop zijn de radiotherapeutische instellingen waar toestellen als simulatoren voor de planning van de behandeling worden gebruikt. De meeste instellingen bezitten daarnaast één of enkele therapeutische toestellen. In vier instellingen ontbreken therapietoestellen. Op grond van het aantal door Timmermans & Beentjes [68] voor de academische ziekenhuizen opgegeven diagnostische toestellen blijkt een stabilisatie van het aantal röntgentoestellen. Het aantal therapeutische toestellen vertoont sinds 1985 een lichte afname.

*Tabel 15 Het aantal aanwezige diagnostische en therapeutische röntgentoestellen in de 23 geselecteerde instellingen. Situatie 1998*

	aantal instellingen	diagnostisch		therapeutisch	
		< 100 kV	$\geq 100$ kV	< 100 kV	$\geq 100$ kV
alg. ziekenhuizen	7	34	148	6	4
acad. ziekenhuizen	8	135	363	6	10
kankerklinieken	2	10	28	2	3
radiotherap. instellingen	6	geen	13	4	2
totaal	23	179	552	18	19

Het daadwerkelijk aantal radiodiagnostische toestellen is meestal kleiner dan de hoeveelheid die in de (complex)vergunning wordt vermeld. De medische instellingen zijn daardoor flexibel in het aanschaffen en afvoeren van toestellen. Het aantal therapeutische toestellen komt meestal goed overeen met het aantal in de vergunning doordat deze toestellen in de vergunningen meestal apart benoemd zijn.

### *Versnellers*

De eerste versnellers voor medische toepassingen zijn eind jaren zestig in kankerklinieken en academische ziekenhuizen geplaatst. De plaatsing van versnellers in algemene ziekenhuizen kwam pas vanaf het begin van de jaren tachtig op gang. Vaak dienden versnellers als vervanging van bestaande  $^{60}\text{Co}$  telecurie-apparatuur. Momenteel staan er in 22 instellingen met een afdeling radiotherapie 77 versnellers.

Naast de toename van het aantal zijn ook de versnellers zelf in de afgelopen jaren veranderd. [69]. De eerste versnellers hadden vaak fotonenenergieën van 4 tot 6 MV en geen of alleen lage elektronenenergieën. De huidige lineaire elektronenversnellers leveren fotonenenergieën van 4 tot 24 MV en elektronen met lage tot hoge energie. Verdere veranderingen betreffen bediening, isodosis-stabiliteit en levensduur [69]. De veranderingen hebben er toe geleid dat de gemiddelde fotonenenergie van de versnellers in de periode van 1970 tot heden is toegenomen.

Het aantal vergunde versnellers komt meestal goed overeen met het werkelijke aantal versnellers. Het hier genoemde aantal kan licht afwijken van elders genoemde aantallen omdat er enige tijd zit tussen de vergunningverlening en het daadwerkelijke toepassen van de versneller.

## **5.5 NDO-bedrijven**

Bij NDO bedrijven is het beter om van vergunde doses of dosistempi te spreken dan van vergunde emissies. De blootstelling aan toestellen (in bedrijf) en ingekapselde bronnen vindt immers plaats via externe bestraling. Het vergunde aantal toestellen of ingekapselde bronnen (veelal volgens aanvraag) is dan ook niet gekoppeld aan een emissiebeperking. In de diverse vergunningen worden wel eisen gesteld aan de maximaal te produceren dosis buiten de terreingrens en zijn veelal aanvullende eisen gesteld aan de dosistempi bij de opslag van radioactieve bronnen.

De vergunde dosis(temp) zijn onder te brengen in vijf eisen [70]:

- 1 Bij de werkzaamheden met zowel ingekapselde bronnen als toestellen mag voor een persoon de ontvangen dosis aan de rand van de benodigde afzetting niet meer bedragen dan  $10 \mu\text{Sv}$  in enig uur. Indien dit niet haalbaar is wordt, onder voorwaarden, ter plaatse van de afzetting een dosistempo van  $40 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  toegestaan.
- 2 Tijdens vervoer van ingekapselde bronnen dient het dosistempo op de plaats van de bestuurder en de rijder lager te zijn dan  $20 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ .
- 3 Voor toestellen geldt dat buiten de ruimte, waarin het betreffende toestel wordt toegepast en tijdens gebruik van het toestel, op betreedbare plaatsen de effectieve dosis niet meer dan  $1 \text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}$  mag bedragen.
- 4 Voor opslagplaatsen van ingekapselde bronnen dient de effectieve dosis aan de buitenzijde van de opslag zo laag te zijn als redelijkerwijs mogelijk, maar in ieder geval mag het dosistempo nergens op 0,1 m van het oppervlak van de opslag meer dan  $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  bedragen.
- 5 De door de vergunninghouder veroorzaakte bijdrage aan de effectieve dosis buiten de terreingrens (of afzetting), de zogenaamde milieubelasting, dient zo laag te zijn als redelijkerwijs mogelijk. In de meeste vergunningen voor NDO bedrijven wordt er echter een maximum gesteld van  $40 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ .

De eerste eis ( $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ) leidt nog tot een afgeleide eis, namelijk dat een aantal van 3300 opnamen per jaar (met ingekapselde bron of toestel) tot de locatielimit ( $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ ) kan leiden [71]. NDO-bedrijven zijn dan ook bij wet verplicht om voor die locaties waar het aantal opnamen de 3300 zal overschrijden of overschrijdt, dit te melden bij het ministerie van VROM. Hiervoor is een formulier ontwikkeld waarop tevens een onderbouwde schatting van de specifiek rond deze locatie te verwachten dosis voor de bevolking dient te worden vermeld.

Een deel van de hiervoor genoemde eisen ligt niet in de wet vast, maar in de vergunning. Het gaat dan vooral om de dosistampi bij afzettingen, de blootstelling aan toestellen en ingekapselde bronnen op betreedbare plaatsen en het dosistempo bij opslagen. Door de werkingsduur van vergunningen kunnen in de loop der tijd verschillen ontstaan tussen de eisen die aan verschillende bedrijven zijn gesteld of zelfs aan een en hetzelfde bedrijf voor wat betreft de blootstelling aan verschillende ingekapselde bronnen of toestellen.

De blootstelling voor de omgeving als gevolg van niet-destructief onderzoek kan worden gekarakteriseerd door het aantal opnamen dat met de diverse apparatuur en bronnen gemaakt wordt. Dit aantal bedraagt naar schatting ongeveer 230.000 per jaar, verdeeld over ongeveer 460 bedrijfsterreinen (zie Tabel 16) [71].

*Tabel 16 Schatting van het aantal gammagrafie- en radiografie-opnamen op bedrijfsterreinen in Nederland in 1994 [71]*

aantal bedrijven in Nederland	aantal opnamen per bedrijf	totaal aantal opnamen
122	13	1.600
130	133	17.000
81	333	27.000
66	666	44.000
44	1.332	59.000
24	3.333	80.000

Uit het vijftigtal meldingen in 1998 van (verwachte) overschrijdingen van het aantal van 3300 opnamen, kan worden opgemaakt dat de in Tabel 16 gegeven schatting voor 1994 vermoedelijk iets aan de lage kant was. Zo bedroeg het totaal aantal opgegeven opnamen voor deze 'grote' locaties voor 1998 circa 425.000, ofwel vijf maal het geschatte aantal van 1994. Hier moet aan worden toegevoegd dat dit aantal opnamen naar verwachting een bovenschatting is. Als het opgegeven aantal opnieuw zou worden overschreden zou het NDO-bedrijf immers ook opnieuw een melding moeten doen.

## 5.6 Overige stralingsbronnen

De emissies door gebruiksartikelen zijn beschreven in een RIVM-rapport [40] en kunnen voornamelijk worden gekarakteriseerd door externe straling. In het geval dat tritium wordt gebruikt in de artikelen is het mogelijk dat er na verloop van tijd lekkage optreedt. In paragraaf 6.6 wordt de dosisschatting nader toegelicht.



## 6 Stralingsbelasting

### 6.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bevat per categorie ondernemer de resultaten van het onderzoek naar de individuele en zo mogelijk de collectieve dosis die het gevolg is de werkelijke emissies.

### 6.2 Nucleaire installaties

Indien de nucleaire installaties bij normaal bedrijf in water en lucht lozen en de lozingen niet hoger zijn dan de vergunde limieten, dan bedraagt de stralingsbelasting tussen 0,01 en 1  $\mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ , afhankelijk van de locatie van de nucleaire installatie [72]. De dosis veroorzaakt door externe straling aan de terreingrens wordt voor een deel bepaald door de ABC-factor. Deze factor brengt het gebruik van het gebied rond de nucleaire installatie in rekening. De totale dosis van enkele  $\mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$  blijft minstens een orde van grootte onder de dosis van 40  $\mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$  die volgens de vergunning toegestaan is.

### 6.3 Procesindustrie

In het recente verleden zijn door uiteenlopende instanties rapporten uitgebracht waarin de dosis voor de diverse bedrijven is bepaald. Dit gebeurde onder andere bij de vergunningsaanvraag en wel ter onderbouwing van de te vergunnen dosis. Zowel de resultaten uit het NNI-rapport [9] als de bij de vergunningsaanvraag beschreven verspreidingsberekeningen via lucht en water zijn als basis voor de hier gepresenteerde dosisbepaling gebruikt. De berekeningen zijn wel geactualiseerd: de huidige geldende DC's zijn gebruikt [5] en voor de belastingspaden zijn de voorschriften van de eerste herziene versie van het RIBRON-rapport [73] gebruikt. Voor een betere vergelijking van de verschillende bedrijven is het aan te bevelen om alle dosisberekeningen op dezelfde wijze uit te voeren.

*Hydro Agri en Tessenderlo Chemie (Vlaardingen).*

De stralingsbelasting voor de verschillende relevante blootstellingspaden is in Tabel 17 gegeven. De laad- en losverliezen en het vrijkomen van  $^{222}\text{Rn}$  uit het erts geven samen nog een extra bijdrage aan de MID van circa 4  $\mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ . De dosis als gevolg van de waterlozing is bepaald aan de hand van de lozingen van  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  en  $^{210}\text{Po}$  aangezien die radionucliden de hoogste DC voor ingestie hebben. De dosisbijdrage (MID) door  $^{222}\text{Rn}$  uit baggerspecie is apart vermeld [74]. Deze dosis wordt veroorzaakt door het gebruik van met  $^{226}\text{Ra}$  verontreinigd slib als ophoogmateriaal voor bouwlocaties.

*Tabel 17 MID in  $\mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$  als gevolg van de lozingen door Hydro Agri*

	1991	1993	1994	1995	1996	1997	1998
waterlozing	5,8	4,6	6,3	5,8	5,4	5,5	4,8
baggerspecie $^{222}\text{Rn}$	141	131	192	184	161	160	144
totaal	151	140	203	194	171	170	153

*Kemira (Pernis).*

De stralingsbelasting voor de verschillende relevante blootstellingspaden is in Tabel 18 gegeven. In 1992 is de dosis verlaagd door de overgang van 100% sedimentair naar een 1 op 1 mengsel van sedimentair en magmatisch erts. Ook in 1997 is de ertssamenstelling veranderd: door de verhoging van het aandeel magmatisch erts neemt de dosis vanaf dat moment dan ook af. De laad- en losverliezen en het vrijkomen van  $^{222}\text{Rn}$  uit het erts geven samen nog een bijdrage aan het MID (sinds 1992) van circa  $4 \mu\text{Sv}$  per jaar. Deze bijdrage was vóór 1992 als gevolg van de andere ertssamenstelling circa  $11 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ . Net als voor Hydro Agri is de bijdrage aan de dosis door de waterlozingen bepaald aan de hand van de lozingen van  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  en  $^{210}\text{Po}$  aangezien die de hoogste DC voor ingestie hebben. De dosisbijdrage (MID) door  $^{222}\text{Rn}$  uit baggerspecie is apart vermeld [74]. Deze dosis wordt veroorzaakt door het gebruik van met  $^{226}\text{Ra}$  verontreinigd slib als ophoogmateriaal voor bouwlocaties.

Tabel 18 MID in  $\mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$  als gevolg van de lozingen door Kemira

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
waterlozing	5,0	3,6	3,8	3,9	2,6	1,5	0,8	0,8
baggerspecie $^{222}\text{Rn}$	263	206	220	210	144	87	48	45
totaal	271	213	228	218	151	92	53	50

*ThermPhos (Vlissingen)*

De dosis als gevolg van de lozingen door ThermPhos wordt grotendeels veroorzaakt door de luchtlozingen: zie Tabel 19. De dosis door de luchtlozing is bepaald voor de woonlocatie Nieuwdorp (ruim 3,5 km ten noordoosten van ThermPhos). De ‘luchtlozing’, ‘waterlozing’ en ‘totaal’ zijn berekend op dezelfde manier als in het NNI-rapport [9], maar met de huidige DC's [5], en met de belastingspaden zoals voorgeschreven in de eerste herziene versie van het RIBRON-rapport [73]. In Tabel 20 wordt de ‘inhalatiedosis’ gegeven. Dit is de dosis die door inhalatie wordt verkregen, waarbij de luchtconcentratie is bepaald met de immissiemetingen van ThermPhos. Bij deze immissiemetingen wordt uit een meting van de totale hoeveelheid  $\alpha$ - en  $\beta$ -stralers de  $^{210}\text{Po}$  en  $^{210}\text{Pb}$  concentratie afgeleid. In de tabel wordt zowel de door ThermPhos gerapporteerde dosis gegeven [75], alsook de hier geschatte dosis, uitgaande van de huidige DC's. De verschillen in dosis tussen de beide tabellen zijn groot en kunnen wellicht verklaard worden door verschillen in gemeten en berekende luchtconcentraties en het al dan niet meenemen van het ingestiepad. Om tot een betere dosisschatting te komen, is het aan te bevelen om de verschillen nader te onderzoeken.

Tabel 19 MID in  $\mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$  in Nieuwdorp als gevolg van de lozingen door ThermPhos, berekend met de methode uit het NNI-rapport [9]

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
waterlozing	5,1	3,3	2,9	2,3	2,0	2,7	2,3	2,5	2,0	2,6	1,8	0,7	0,1	0,1
luchtlozing	80	128	93	56	96	76	90	72	75	68	58	79	97	76
totaal	85	131	96	58	98	79	93	75	77	71	60	80	97	76



*Tabel 20 De inhalatiedosis in  $\mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$  in Nieuwdorp als gevolg van de lozingen door ThermPhos [75], en de in dit rapport geschatte inhalatiedosis uitgaande van de immissiemetingen van ThermPhos en met de DC's uit het Bs*

	1998	1999	2000
luchtlozing	17	22	11
luchtlozing met DC's uit Bs	16	29	11

Er zijn geen ingrijpende wijzigingen geweest ter beperking van de luchtlozingen. De dosis ten gevolge van de waterlozingen is vanaf 1998 duidelijk verminderd door de sluiting van het wassysteem van sinterfabriek 1 en 2. De MID aan de terreingrens door externe straling bedraagt enkele tientallen  $\mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$  (1998-1999). Het is de bedoeling om de opgeslagen hoeveelheid radioactief calcinaat te verminderen door het af te voeren naar de COVRA.

#### *Corus (IJmuiden)*

De MID door gebruik van bronnen en toestellen aan de terreingrens bedroeg in 1997  $0,26 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ . Vóór 1996 zal de dosis mogelijk iets hoger zijn geweest aangezien er toen beduidend meer vergunningsplichtige Cerberus ionisatierookmelders (op basis van  $^{226}\text{Ra}$ ) in omloop waren. Aangezien er verder geen ingrijpende wijzigingen in aantallen bronnen zijn geweest, zal de externe stralingsdosis door bronnen en toestellen in de periode 1994-1998 van dezelfde orde van grootte zijn geweest.

De dosisbijdrage via het ingestiepad van de luchtlozingen door de Sinterfabriek zijn verwaarloosbaar (2%) ten opzichte van de inhalatiedosis, bij de Pelletfabriek is die bijdrage groter (10%) [76]. De bijdrage door overslag is een factor 10 of meer lager dan de thermische emissie voor de woonlocaties Velsen-Noord en Beverwijk [9]. Ook de bijdrage door de waterlozingen is aanzienlijk lager dan voor de luchtlozingen [9]. In het NNI-rapport is als dosisbijdrage van deze luchtlozingen een waarde van  $8 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$  gegeven voor Velsen-Noord in 1990. Schattingen voor andere jaren zijn slechts mogelijk na uitgebreide dosisberekeningen.

#### *Eggerding (Amsterdam)*

Naast de dosis door de opslag van de ertsen, die in het vorige hoofdstuk is beschreven, is er nog een bijdrage door de stofuitstoot van de maalmolens. In een rapport van de Environmental Radioactivity Research and Consultancy Group [77] wordt de daardoor veroorzaakte MID berekend met de DC's uit het RIBRON-rapport. De grootste bijdrage ( $4,7 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ ) wordt veroorzaakt door inhalatie, terwijl depositie en ingestie een bijdrage leveren van respectievelijk  $0,8$  en  $0,15 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ . Mede gezien de zeer beperkte beschikbare gegevens van dit bedrijf is de variatie van deze dosis in de tijd niet nader onderzocht.

## **6.4 Medische instellingen**

### *Luchtlozingen*

Een schatting van de dosis als gevolg van luchtlozingen is alleen mogelijk aan de hand van de door de instellingen berekende MLL's. Er zijn geen metingen van de werkelijke lozingen bekend. Gegevens over de hoogte van lozingspunten en afstanden tot de terreingrens zijn niet voor alle instellingen voorhanden. Daarom is de berekening uitgevoerd aan de hand van een

standaard laboratorium en een gemiddelde lozing. Er is uitgegaan van een lozingshoogte van 5 m, een warmte-inhoud van 0 W en een lozingsdebiet van  $800 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Details omtrent de modellering zijn gegeven in Pruppers en Blaauboer [78]. De gemiddelde MLL van de geselecteerde ziekenhuizen bedraagt ongeveer  $2 \text{ Re}_{\text{inh}}$ . Indien we ervan uitgaan dat deze totaal wordt veroorzaakt door lozing van  $^{131}\text{I}$  dan levert dit een individuele dosis op van  $0,1 \mu\text{Sv} \cdot \text{a}^{-1}$  en een collectieve dosis van  $2,2 \cdot 10^{-4} \text{ mensSv} \cdot \text{a}^{-1}$ . Een aantal instellingen geeft in hun jaarrapportages aan dat de werkelijke lozingen verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de berekende MLL's. Aangezien dit voor de overige instellingen ook zal gelden, kan worden aangenomen dat de doses op basis van de werkelijke lozingen aanzienlijk lager zullen liggen dan de hier gegeven waarden.

### Waterlozingen

Bij de berekening van de doses als gevolg van waterlozingen is gebruik gemaakt van de door de medische instellingen opgegeven MLW's en werkelijke lozingen (zie paragraaf 5.4). Bij de berekening aan de hand van de MLW's is in alle gevallen ervan uitgegaan dat de lozing voor 100% uit  $^{131}\text{I}$  bestaat. Bij de berekening van de doses door werkelijke lozingen is in eerste instantie uitgegaan van radionuclidespecifieke gegevens. Werkelijke lozingen gegeven in ALI's zijn omgerekend naar doses onder de aanname dat alleen  $^{131}\text{I}$  is geloosd. De berekeningen zijn uitgevoerd met de door Pruppers en Blaauboer [78] opgegeven parameters voor een standaard radionuclidenlaboratorium. De resultaten zijn in Tabel 21 samengevat.

Tabel 21 *Individuele en collectieve doses als gevolg van berekende MLW's (n=32) en werkelijke lozingen in water aan de hand van lozingsopgaven (n=43) uit de periode 1988-1999*

	MLW		werkelijke lozing	
	individuele dosis $\mu\text{Sv} \cdot \text{a}^{-1}$	collectieve dosis $\text{mensSv} \cdot \text{a}^{-1}$	individuele dosis $\mu\text{Sv} \cdot \text{a}^{-1}$	collectieve dosis $\text{mensSv} \cdot \text{a}^{-1}$
maximum waarde	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$
minimum waarde	$6,9 \cdot 10^{-8}$	$2,8 \cdot 10^{-8}$	$1,6 \cdot 10^{-9}$	$6,3 \cdot 10^{-10}$
gemiddelde	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-6}$

### Externe straling

Door medische instellingen worden in diverse documenten externe-stralings-berekeningen gepresenteerd. Vanouds worden voor een nieuw te installeren versneller dosisberekeningen uitgevoerd voor relevante plaatsen, zoals de buitenzijde van de bestralingsruimte en het labirint. Later is daar de dosis buiten de terreingrens aan toegevoegd. Bij de aanvraag van complex- en inrichtingsvergunningen worden tegenwoordig voor alle binnen de instelling relevante toepassingen dosisberekeningen uitgevoerd. Door een aantal grote vergunninghouders worden jaarlijks de meest recente resultaten van dergelijke berekeningen in jaarverslagen gepresenteerd.

Voor de externe stralingsdoses aan de terreingrens van medische instellingen zijn vooral versnellers, brachytherapiebronnen en  $^{131}\text{I}$ -therapie van belang. De dosis ten gevolge van röntgendiagnostiek is in de meeste gevallen ordes van grootte lager.

Hier blijven de beschouwingen beperkt tot de versnellers omdat van de overige toepassingen nog onvoldoende informatie voorhanden is en omdat de versnellers in veel gevallen ook de

grootste dosisbijdrage leveren. De gepresenteerde gegevens betreffen het omgevingsdosis-equivalent zonder wooncorrectie of toepassing van ABC-factoren.

Berekeningen van de doses rond een versnellerruimte of aan de terreingrens volgen een vast patroon, waarbij vaak verwezen wordt naar documenten van NCRP en ICRP [79, 80, 81]. Voor neutronenstraling, die vrijkomt bij de opwekking van fotonen met een energie van 10 MV of meer, wordt vaak verwezen naar een publicatie van Kersey [82]. Relevante karakteristieken voor de dosisberekeningen zijn:

- verdieping bestralingsruimte
- afscherming (in meters beton of ander materiaal)
- het in rekening brengen van tussenliggende gebouwen
- afstand tot de terreingrens (meters)
- workload apparatuur, bezettingsgraad of fractie gebruikstijd (tussen 1000 en 2000 Gy per week)
- energie van geproduceerde fotonen (MV)
- verdeling gebruikstijd over de geproduceerde fotonen van verschillende energie (bijvoorbeeld 6 en 23) of uitgaand van de maximale energie (bijvoorbeeld 23 MV)
- type straling: primaire bundel, lekstraling, stroostraling, skyshine
- percentage lekstraling (tussen 0,1% en 0,2%)
- verzwakking in en verstrooiing door patiënt (wordt bijna nooit meegenomen)
- fractie bundelrichting
- verblijfsfactor van de ontvanger (afhankelijk van de locatie)
- berekening omgevingsdosisequivalent, MID of AID (toepassing van ABC-factoren)

Sommige instellingen maken een ruwe schatting van de doses aan de terreingrens, terwijl andere instellingen gedetailleerdere berekeningen uitvoeren. In enkele gevallen wordt in de berekeningen gebruik gemaakt van metingen.

In Tabel 22 is een overzicht gegeven van de door de onderzochte medische instellingen opgegeven maximale doses aan de terreingrens door medische lineaire versnellers. De berekeningen tonen aan dat niet alleen de energie van de fotonen bepalend is, maar ook het type straling, de locatie, de afstand tot de terreingrens en de afschermingsdikte. De door de instellingen berekende omgevingsdosisequivalent aan de terreingrens varieert tussen  $2,1 \cdot 10^{-7}$  en  $1500 \mu\text{Sv} \cdot \text{a}^{-1}$ , met een gemiddelde van  $110 \mu\text{Sv} \cdot \text{a}^{-1}$  en een mediaan van  $12 \mu\text{Sv} \cdot \text{a}^{-1}$ . De gemiddelde afstand van de versneller tot de terreingrens bedraagt 61 meter (mediaan 42 m.). De hoogste doses worden aangetroffen bij beperkte afstand tot de terreingrens, terwijl de doses meestal laag zijn indien de afstand groot is ( $> 100$  m.). Daar waar lekstraling bepalend is voor de maximale dosis aan de terreingrens is de afstand vaak beperkt en bedraagt de afscherming minder dan 2 meter beton.

Tabel 22 De door de 23 geselecteerde medische instellingen opgegeven maximale omgevingsdosisequivalent, de locatie van de versneller, de afstand tot de terreingrens en de afscherming in meters beton

type instelling	omgevings- dosisequivalent $\mu\text{Sv a}^{-1}$	type straling * MV	verdieping	afstand tot terreingrens m	dikte beton m
alg. ziekenhuis	624	L 6	0	6,5	1
alg. ziekenhuis	63,8	L 6	?	32	?
alg. ziekenhuis	62	L 10	-1	85	1,25
alg. ziekenhuis	11,3	L 15	0	21	1,76
alg. ziekenhuis	0,8	P 6/23	-1	166	2,73
alg. ziekenhuis	0,78	P 4	0	130	1,7
alg. ziekenhuis	0,11	P 6/10	0	55	3,15
acad. ziekenhuis	37	P 6/18	0	38	2,2
acad. ziekenhuis	12	L 6/18	-1	40	1,6
acad. ziekenhuis	4,4	? 6	0	130	>1,7
acad. ziekenhuis	3	P 16	0	70	2,5
acad. ziekenhuis	0,9	P 6/10	-1	5,5	2,25
acad. ziekenhuis	0,52	P 25	-1	175	>2,0
acad. ziekenhuis	$5,5 \cdot 10^{-6}$	P 15	-2	24,3	2,25
acad. ziekenhuis	$2,1 \cdot 10^{-7}$	P 10	0	80	5
kankerkliniek	1500	P 6	0	18	1,62
kankerkliniek	70	L 50	-1	30	1,25
radioth. instel.	< 40	L 18	0	42	1,25
radioth. instel.	35	? 15	0	90	?
radioth. instel.	25,5	L 4	0	37	0,98
radioth. instel.	19,9	P 6/10/25	0	23	2,5
radioth. instel.	15,6	P 10	0	55	2,1
radioth. instel.	<0,1	?	-1	60	2,45

\* P = primaire straling, L = lekstraling, 6/23 = gerekend met 6 en 23 MV fotonen

Een aantal instellingen heeft naar aanleiding van de berekeningen maatregelen genomen ter beperking van de MID of de AID, bijvoorbeeld door de afscherming te vergroten door het plaatsen van loden- of ijzeren beplating of door het verdikken van de betonwand. Bij andere instellingen is de terreingrens aangepast of is een convenant gesloten met een aangrenzende medische instelling om de toegang voor het publiek te beperken en zo de ABC-factor aan te passen. Voor bescherming van de werkers zijn binnen ziekenhuizen soms maatregelen genomen ter beperking van de toegang tot het dak of de kruipruimte.

In de door medische instellingen gepresenteerde berekeningen worden alleen individuele doses berekend. Het feit dat toestellen in hoofdzaak in één richting straling uitzenden gedurende een beperkt deel van de tijd bemoeilijkt berekening van de collectieve dosis. Voor een ruwe benadering wordt hier uitgegaan van een isotrope bron die resulteert in  $40 \mu\text{Sv.a}^{-1}$  aan de terreingrens en een afstand van de bron tot de terreingrens van 50 meter. Op 100 meter is de dosis dan  $10 \mu\text{Sv.a}^{-1}$ , op 500 meter  $0,4 \mu\text{Sv.a}^{-1}$  en op 1000 meter  $0,1 \mu\text{Sv.a}^{-1}$ . Indien we uitgaan van 25 locaties met versnellers waarbij binnen 100 meter 400 mensen worden blootgesteld dan betekent dit  $0,1 \text{ mensSv.a}^{-1}$ . Binnen 500 meter 4000 mensen blootgesteld op 25 locaties resulteert in  $100000 \times 0,4 \mu\text{Sv.a}^{-1} = 0,04 \text{ mensSv.a}^{-1}$ .

## 6.5 NDO-bedrijven

Voor het schatten een actuele individuele dosis als gevolg van NDO-handelingen is meer informatie nodig over aantallen opnamen, effectieve dosis per opname en locatie van de handelingen. Niet alle handelingen vinden plaats op industrieterreinen. Ook vindt onderzoek plaats aan bijvoorbeeld bruggen, leidingen in de openbare weg, of, zoals een NDO-bedrijf zelf meldt, aan een rechtersvoorpoort van een gazelle in de Rotterdamse Diergaarde.

Recent heeft TNO nader onderzoek gedaan naar mogelijke alternatieve technieken [83]. Hieruit bleek dat een deel van de markt, die nu door radiografie wordt ingenomen, mogelijk zal overgaan of reeds overgaat op ultrasoon onderzoek. Een belangrijk deel van de radiografie blijft echter vooralsnog gehandhaafd, omdat radiografie vooral bij de veel voorkomende dunne wanddikten specifieke voordelen heeft en omdat overgang naar de andere techniek grote investeringen vraagt. Een nieuwe radiografische techniek die mogelijk voor een reductie in de stralingsbelasting zou kunnen zorgen, is de zogenaamde *small controlled area radiography* (SCAR), die vooral handelingen mogelijk maakt op locaties die vroeger ontruimd dienden te worden. Een derde variabele in de blootstelling is het tijdstip. In het kader van *risk based inspections* [83] wordt verwacht dat de inspectietermijnen van installaties variabel en langer worden. Door vooral handelingen uit te voeren op momenten dat er weinig andere medewerkers of leden van de algemene bevolking in de omgeving aanwezig zijn, kan de stralingsbelasting verlaagd worden. Overigens liggen volgens TNO de effectieve jaardoses voor werkers in de industriële radiografie met vaste en mobiele bronnen (het NDO) in Nederland internationaal gezien op een laag niveau [83]. Hoe dit voor de milieubelasting ligt, is vooralsnog niet duidelijk.

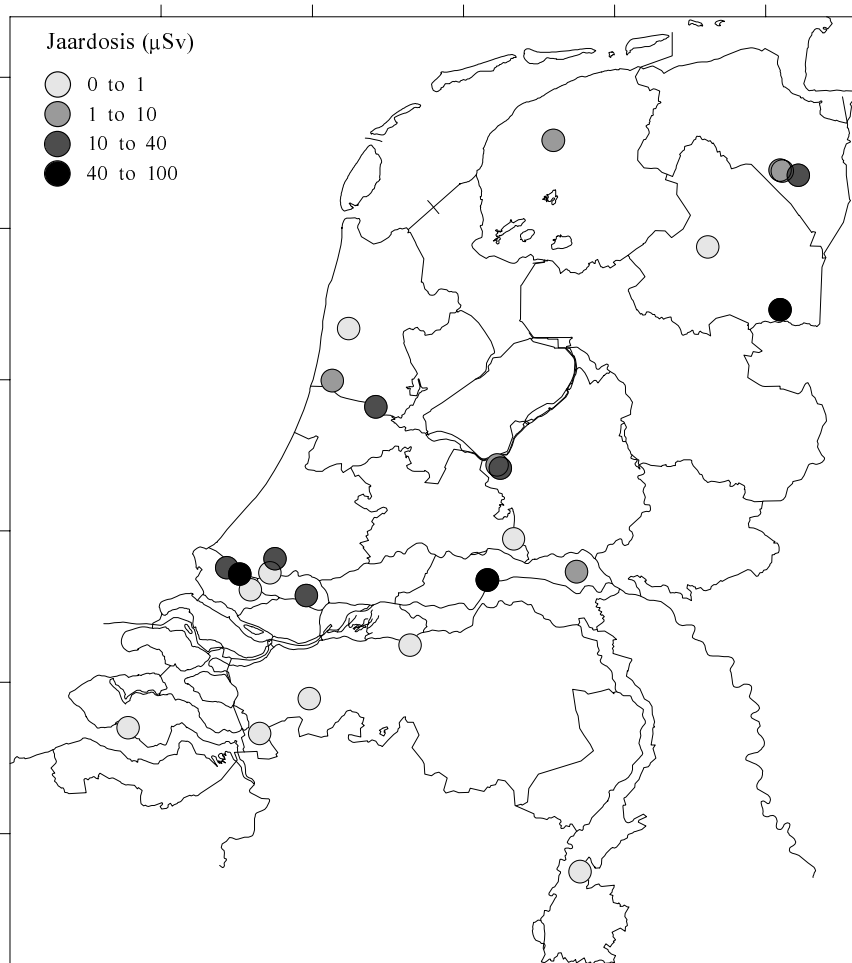
De blootstelling van leden van de bevolking aan bronnen en/of toestellen voor radiografie of gammagrafie bij NDO kan onderscheiden worden in vijf categorieën.

### *Handelingen op grote terreinen*

Een belangrijk deel van de handelingen vindt plaats bij grote industrieën (chemie, olie) en bij de NDO-bedrijven zelf. Vaak gaat het daarbij om locaties op relatief grote industrieterreinen (d.w.z. afstand tot terreingrens > 150 m). In dergelijke gevallen is, afgezien van veelal ook nog aanwezige afschermingen, door de afstand reeds een dusdanige verzwakking bereikt, dat de betreffende bestralingen geen significante dosis meer opleveren buiten de terreingrens.

### *Handelingen op kleine terreinen en bij afzettingen*

Op kleine terreinen en op bijvoorbeeld de openbare weg, waar afzettingen nodig zijn, moet rekening gehouden worden met doses voor leden van de bevolking. Daarbij dient te worden uitgegaan van een multifunctionele individuele dosis van 0,03  $\mu\text{Sv}$  per opname [71]. Omdat geen gemeten waarden voorhanden zijn, wordt hier uitgegaan van de berekende dosis als gevolg van de gemaakte opnamen. Voor een vijftigtal locaties is het aantal van 3300 opnamen overschreden. Bij de kleinere terreinen/bedrijven (25 in 1998) heeft dit mogelijk ook geleid tot een dosis voor leden van de bevolking (zie Figuur 26). Voor locaties langs de weg (leidingen e.d.) wordt veelal volstaan met slechts enkele opnamen per locatie, hetgeen dan ook een beperkte dosis tot gevolg zal hebben.



*Figuur 26 Jaardosis (MID) door NDO 'buiten het terrein' op die locaties waar het aantal van 3300 opnamen in 1998 werd overschreden en de dosis groter dan 0  $\mu\text{Sv}$  werd geschat*

Het totale aantal opnamen dat jaarlijks wordt gemaakt met ingekapselde bronnen en toestellen zal, uitgaande van de eerder genoemde schattingen, enkele honderdduizenden tot een miljoen bedragen. Zelfs bij een aantal van een miljoen opnamen bedraagt de collectieve dosis voor de bevolking nog slechts 0,03 mensSv, ofwel een factor 30 à 40 lager dan die van de werknemers van de NDO-bedrijven (circa 1000 in 1998), [6]. Hierbij dient wel te worden aangetekend dat deze dosis voor de bevolking sterk afhangt van de al dan niet gehanteerde veiligheidsmaatregelen (o.a. afzettingen, collimatoren, werktijden). Verder lijkt het aantal van 3300 opnamen in de meeste gevallen een tamelijk conservatieve benadering van de locatielimiet van  $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ , maar is in ieder geval in 1998 voor enkele locaties die locatielimiet benaderd en is het denkbaar dat, vooral bij kleinere terreinen/bedrijven een overschrijding kan plaatsvinden.

#### *Vervoer*

Bij het vervoer van bronnen naar een locaties waar er mee gewerkt zal worden, kan een dosis voor leden van de bevolking optreden. Hierover is echter weinig bekend. Vanwege de maximale blootstelling van de chauffeur en rijder ( $20 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ) en gezien de relatief korte tijd dat een wagen van een NDO-bedrijf in de buurt is, kan hier slechts sprake zijn van doses lager dan  $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ .

### *Opslag*

Bij opslag van bronnen kan een aanzienlijke dosis worden ontvangen (maximaal  $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  nabij de opslag), maar ook hier geldt dat leden van de algemene bevolking nauwelijks nabij een dergelijke opslag kunnen komen (veelal op het terrein van een bedrijf in de daarvoor bestemde kluis) en dat het dus ook hier vooral de werknemers betreft.

### *In- en uitvoer*

Bij in- en uitvoer van ingekapselde bronnen dienen deze zo spoedig als mogelijk is te worden afgehaald voor verder transport. Mogelijk kan hier door personeel van het inklaringskantoor een dosis worden ontvangen. Gegevens hierover ontbreken.

## **6.6 Overige stralingsbronnen**

In de afgelopen jaren zal de individuele dosis ten gevolge van gebruiksartikelen nauwelijks zijn veranderd, aangezien deze bij vergelijkbaar gebruik tot een vergelijkbare dosis zullen leiden. Echter, door veranderend beleid kan het zijn dat sommige gebruiksartikelen worden uitgefaseerd, zoals de ionisatierookmelders [41], of worden verboden. Daarnaast is de industrie voor sommige producten overgestapt naar niet-radioactieve oplossingen. Daardoor zal de collectieve dosis dalen, waarbij is aangenomen dat er geen nieuwe radioactieve gebruiksartikelen op de markt verschijnen.

Voor de gebruiksfase en afvalfase ten gevolge van de meeste gebruiksartikelen wordt geschat dat de dosis door externe straling lager is dan  $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$  [40]. Uitzonderingsgevallen daarvan zijn de thoriumhoudende gloeikousjes en dito lasstaven, alsmede keramische tegels in de gebruiksfase en sommige cameralenzen als ze zijn uitgesteld in een woonkamer. De dosis ten gevolge van tritiumlekkage voor leden van de bevolking is tevens lager dan  $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{a}^{-1}$ .





## 7 **Discussie, conclusies en aanbevelingen**

Bij een breed scala van activiteiten in industrie, ziekenhuizen en laboratoria zijn radioactieve stoffen en ioniserende stralingsbronnen in gebruik en kunnen radioactieve stoffen en straling vrijkomen. Dit kan leiden tot onbedoelde en ongewenste blootstelling aan ioniserende straling voor werknemers en de bevolking. Het Nederlandse beleid op het gebied van de stralingshygiëne is op het beperken gericht van de door menselijk handelen toegevoegde stralingsbelasting en de ermee samenhangende risico's. Daartoe is, mede in het kader van Europese richtlijnen, per 1 maart 2002 het nieuwe Besluit stralingsbescherming (Bs) van kracht geworden, als opvolger van het Besluit stralenbescherming Kernenergiewet (BsK). Vanuit de Europese Unie geldt voorts de verplichting dat de bevoegde autoriteiten van elke lidstaat erop toe zien dat de doses ten gevolge van handelingen voor leden van de bevolking zo realistisch mogelijk worden geschat [1].

Om te voldoen aan de Europese verplichting en om de effecten van het nieuwe Besluit stralingsbescherming op de langere termijn te kunnen evalueren, is het nodig de door menselijk handelen toegevoegde stralingsdosis in kaart te brengen en te evalueren. Daartoe is het RIVM gevraagd om een evaluatiemethodiek op te zetten waarmee op termijn de gevolgen van het Nederlandse stralingshygiënisch beleid nagegaan kunnen worden. In dat kader zet RIVM het informatiesysteem voor beleidsmonitoring straling op waarmee overzichten zoals dit rapport kunnen worden opgesteld. De verzamelde en geïnterpreteerde gegevens bieden tevens een basis voor het verder ontwikkelen, onderbouwen en actualiseren van een milieubeleidsindicator straling [84]. De milieubeleidsindicator straling moet ten behoeve van jaarlijkse rapportages, zoals het Milieuprogramma en Milieubalans, inzicht geven in de ontwikkeling van de stralingsbelasting in relatie tot het gevoerde beleid.

De ondernemers die verantwoordelijk zijn voor de stralingsbelasting zijn ingedeeld in de categorieën: nucleaire installaties, procesindustrie, medische instellingen en bedrijven die niet destructief onderzoek uitvoeren (bijvoorbeeld controleren van laswerk). Daarnaast zijn van de overige bronnen van straling de gebruiksartikelen kort besproken. De stralingsbelasting voor leden van de bevolking door radon in woningen en bouwmaterialen is niet behandeld omdat daarvoor afzonderlijk beleid wordt ontwikkeld. Gelet op het grote aandeel in de jaarlijks opgelopen dosis is voorzien dat radon wordt opgenomen in toekomstige jaarrapportages. Er is globaal aangegeven hoe het beleid is geweest en er is een overzicht opgenomen van de vergunningverlening.

### *Conclusies*

In de afgelopen jaren zijn zo'n 220 vergunningen per jaar afgegeven. Het aantal varieert van jaar tot jaar, maar er is geen sprake van een duidelijke toe- of afname. Wel is de procedureduur (tijdsduur tussen datum eerste aanvraag en datum van vergunning) voor zowel de intrekking als de verlening van een vergunning verkort. Zo is in 2000 de helft van de tijdelijke vergunningen binnen 11 weken verleend. Dit bedroeg in 1997 nog 30 weken. De geldigheidsduur van een tijdelijke vergunning bedraagt meestal 1 of 2 jaar. Sedert 1996 wordt er bij het vaststellen van de vergunde lozingen meer en meer rekening gehouden met de radiotoxiciteit van de geloosde stoffen. Dit is tevens opgenomen in het Besluit stralingsbescherming. Daartoe worden radiotoxiciteitsequivalenten (Re's) toegepast om de vergunde hoeveelheden voor lozing in lucht en water te duiden. In het laatste beschouwde jaar (2000) was het aantal verleende vergunningen waarin de lozingen in Re's zijn vergund reeds

gegroeid tot een veertigtal tegenover vier vergunningen in 1996. Daarbij wordt aangetekend dat de Re's niet voor alle vergunningen relevant zijn.

Gelet op de maatschappelijke discussie over nucleaire installaties is het te begrijpen dat het beleid en de vergunningverlening in het verleden sterk gericht zijn geweest op het terugdringen van lozingen door de nucleaire installaties. Ook het internationale OSPAR-verdrag draagt met de voorwaarden van *best available techniques* en *best environmental practices* bij aan beperking van de emissies [27]. In de jaren tachtig is beleidsmatige aandacht ontstaan voor ondernemingen in de procesindustrie die door de aard van hun werkzaamheden 'natuurlijke' radioactieve stoffen loosden. Met het invoeren van het Besluit stralingsbescherming zijn dergelijke activiteiten nu voor het eerst in de wet opgenomen.

Het is aannemelijk dat de maatschappelijke en beleidsmatige aandacht heeft bijgedragen aan het feit dat de (reguliere) lozingen van de nucleaire installaties gewoonlijk niet meer dan 10 procent van de lozingslimieten bedragen en de stralingsbelasting ten gevolge van lozingen in lucht en water bedraagt minder dan 1  $\mu\text{Sv}$  op jaarbasis. Daarnaast bedraagt de jaarlijkse stralingsbelasting door externe straling van de nucleaire installaties enkele  $\mu\text{Sv}$ . Opgemerkt moet worden dat analyses met betrekking tot afval en ongevalsscenario's buiten het onderwerp van deze rapportage vallen.

De lozingen van de geselecteerde ondernemingen binnen de procesindustrie bedragen tot tientallen procenten van de lozingslimieten. Bovendien blijkt de stralingsbelasting ten gevolge van de lozingen in lucht en water tot enkele tientallen  $\mu\text{Sv}$  te kunnen bedragen. De externe straling varieert sterk per bedrijf en er is voor één onderneming vastgesteld dat de dosis boven de locatielimiet uitkomt. Wel blijken de lozingen van radionucliden door deze categorie ondernemingen te zijn afgenomen, deels door verbeterde reinigingstechnieken, deels vanwege sluiting van twee bedrijven. Hierin is echter de invloed van het milieubeleid in het algemeen en het stralingshygiënebeleid in het bijzonder niet eenduidig te bepalen.

Door de invoering van inrichtings- en complexvergunningen is het overzicht van de vergunde apparatuur en radiofarmaca in de medische instellingen sterk verbeterd. Echter, de gegevens van de werkelijke lozingen van de medische instellingen in lucht en water zijn te beperkt om die voor de gehele categorie te vergelijken met de vergunde limieten. De stralingsbelasting door de lozingen in lucht en water van de medische instellingen blijkt maximaal 0,1  $\mu\text{Sv}$  te zijn, waarbij de stralingsbelasting wordt gedomineerd door de luchtlozingen. De stralingsbelasting door externe straling varieert sterk per instelling en kan tot enkele tientallen procenten van de vergunde dosislimiet (tientallen  $\mu\text{Sv}$ ) bedragen. Om aan de vergunde dosis te kunnen voldoen, is door een aantal instellingen maatregelen getroffen zoals een verbetering van de afscherming, aanpassing van de terreingrens en beperking van de toegang.

De bedrijven die niet-destructief onderzoek uitvoeren lozen niet in lucht en water. Uitgaande van een standaard dosisschatting voor de externe straling (MID) zou de locatielimiet voor een vijftigtal locaties van die bedrijven worden overschreden. De werkelijke stralingsbelasting (AID) zal waarschijnlijk lager zijn. In het Besluit stralingsbescherming is vastgelegd dat mogelijke overschrijdingen van de locatielimiet moeten worden gemeld bij het ministerie van VROM.

De meeste gebruiksartikelen veroorzaken een individuele dosis lager dan 10  $\mu\text{Sv}$  op jaarbasis [85]. Inmiddels is er beleid ontwikkeld dat de verkoop van ionisatierookmelders voor huishoudelijk gebruik per 1 januari 2006 verbiedt, zodat de collectieve dosis wordt beperkt.

### *Aanbevelingen*

Om praktische redenen is nog niet elke categorie tot in alle detail uitgewerkt. Het is de bedoeling om in de jaarrapporten die de komende jaren zullen verschijnen, uiteindelijk alle categorieën tot in vergelijkbaar detail te behandelen. Eens in de vier à vijf jaar volgt er een speciale, meer complete, versie van het jaarrapport, dat ook naar de Tweede Kamer kan worden verzonden. Hieronder worden enkele suggesties gedaan voor een gedetailleerde behandeling van één specifieke categorie of één of meerdere zaken te onderzoeken:

- procesindustrie
  - de vergunningen en ontwikkeling in de stralingsbelasting als gevolg van lozingen in lucht en water door de cement- en olie- en gasindustrie.
  - de schatting van de dosis als gevolg van lozingen in lucht op basis van metingen en de ketenmodellering
- medische instellingen
  - de stralingsbelasting door hier nog ontbrekende instellingen; zonodig en indien mogelijk door generieke behandeling (bijschatting)
- NDO-bedrijven
  - nieuwe ontwikkeling en technieken bij de bedrijven versus alternatieve methoden
  - stralingsbelasting; tevens onderzoek naar vergelijking tussen de locatiespecifieke situatie en de standaard dosisschatting
- overige stralingsbronnen
  - stralingsbelasting door radon in huizen en externe straling afkomstig van bouwmaterialen in samenhang met de stralingsprestatienorm
  - effecten van het beleid voor gebruiksartikelen
  - stralingbelasting die samenhangt met vervoer van radioactieve bronnen
- vergelijking van de stralingsbelasting van de categorieën onderling
- de dosis voor werknemers in
  - medische instellingen, procesindustrie en bij NDO-bedrijven



## Referenties

- 1 Richtlijn 96/29/Euratom van de Raad van 13 mei 1996 tot vaststelling van de basisnormen voor de bescherming van de gezondheid der bevolking en der werkers tegen de aan ioniserende straling verbonden gevaren. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen L-159, 29 juni 1996.
- 2 Pruppers MJM, MPM Janssen, RO Blaauboer, AJCM Matthijsen en RMJ Pennders, Definitierapport 'Beleidsmonitoring radioactieve stoffen en straling'. RIVM rapport 610053006, Bilthoven, 1998.
- 3 Pruppers MJM, RO Blaauboer, YS Hiemstra, MPM Janssen, AJCM Matthijsen en RMJ Pennders, Pilotstudie naar een beleidsmonitoringsysteem voor straling'. RIVM rapport 610320001, Bilthoven, 2000.
- 4 BSK. Besluit van 10 september 1986, tot uitvoering van de artikelen 28 tot en met 32 en toepassing van artikel 34 van de Kernenergiewet (Besluit Stralenbescherming Kernenergiewet). Staatsblad 1986, 465, zoals laatstelijk gewijzigd en/of aangevuld op 8 februari 2001, Staatsblad 2001, 17.
- 5 Bs. Besluit van 16 juli 2001, houdende vaststelling van het Besluit stralingsbescherming. Staatscourant 2002, 49.
- 6 Van Dijk JWE. Tien jaar Nationaal Dosisregistratie en Informatiesysteem NDRIS. NVS-publicatie nr. 30, 2000.
- 7 Brugmans MJP en J Lembrechts. Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen: een pilotstudie. RIVM rapport 610059008, Bilthoven, 2001.
- 8 Procesbeschrijvingen industrie, Samenwerkingsproject Procesbeschrijvingen Industrie Nederland, VROM, DGM, RiZa, RIVM, 1992-1995.
- 9 Leenhouts HP, P Stoop en ST van Tuinen, Non-nuclear industries in the Netherlands and radiological risks, RIVM rapport 610053003. Bilthoven, 1996.
- 10 Bos AJJ, G Ellerbroek, JW van Sluis en PHM Eijssen, Risico-evaluatie radionuclidenemissies Hydro Agri Rotterdam BV. DHV dossier F 3079-22-001, 21-9-1992.
- 11 Bos AJJ, G Ellerbroek, JW van Sluis en PHM Eijssen, Risico-evaluatie radionuclidenemissies Kemira Pernis BV. DHV dossier G 1342-22-001, 20-4-1993
- 12 Spaan JM. De intramurale gezondheidszorg in cijfers per 1 januari 1998. NZI 199.1250, 1998.
- 13 Van Isselt JW, PP van Rijk, CJM Lips en JMH de Klerk. Jodium-131-behandeling voor de ziekte van Graves: Nederlandse enquête 1999. Tijd. Nucl. Geneeskunde 22(3):97-100, 2000.
- 14 Planningsbesluit Radiotherapie. Staatscourant 1987:148-149.
- 15 Spaan JM. Bijzondere medische verrichtingen in getallen over de periode 1993-1997. NZI, VWS, 1999.
- 16 Handhaving Milieuwetten. Landelijk handhavingsproject. Inspectieprogramma Stralingsbescherming Kernenergiewet 1991-1992. VROM 1993/71, 1993.
- 17 Radiation Protection 68. Study on consumer products containing radioactive substances in the EU Member States. European Commission. Report EUR 15846. Eds. Schmitt-Hannig A, Drenkard S, Wheatley J, 1995.
- 18 Bkse. Besluit van 4 september 1969, Staatsblad 403, tot uitvoering van de artikelen 16, 17, 19, eerste lid, en 21 van de Kernenergiewet (Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen), zoals laatstelijk gewijzigd en/of aangevuld op 26 januari 1995, Staatsblad 92.
- 19 Besluit vervoer splijtstoffen, ertsen en radioactieve stoffen. Besluit van 4 september 1969, Staatsblad 405, ter uitvoering van de artikelen 16, 19, eerste lid, 21, 29, 30, tweede lid, 31 en 32 van de Kernenergiewet, zoals laatstelijk gewijzigd en/of aangevuld op 8 november 2001, Staatsblad 2001, 516.
- 20 Richtlijn 97/43/Euratom van de Raad van 30 juni 1997 betreffende de bescherming van personen tegen de gevaren van ioniserende straling in verband met medische blootstelling en tot

- intrekking van richtlijn 84/466/Euratom. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen L-180, 1997.
- 21 Regeling van de Minister van VROM, nr. SAS/20012001144740, houdende analyse van de schadelijke gevolgen van ioniserende straling voor het milieu (Regeling analyse gevolgen ioniserende straling voor het milieu). Staatscourant 2002, nr. 22, 31 januari 2002.
  - 22 BsK96. Staatsblad 1996, 44: 1-22. Besluit van 17 januari 1996, houdende wijziging van het Besluit Stralenbescherming Kernenergiewet.
  - 23 IAEA Codes and Safety Guides.
  - 24 Nucleaire Veiligheidsregels (NVR's). Staatscourant 1989, nr. 169, 27 november 1989 en Staatscourant 1991, nr. 146, 31 juli 1991.
  - 25 In februari 1999 zijn de IAEA-Guides 50-SG-D1 tot en met 50-SG-D15 met betrekking tot ontwerp geamendeerd en vastgesteld als NVR 2.1.1 tot en met 2.1.15. Tevens is de richtlijn "Voorschrift Bedieningspersoneel van Kerncentrales" als NVR 3.2.1 vastgesteld.
  - 26 KTA 1503.1, Überwachung der Ableitung gasförmiger und aerosolgebundener radioaktiver Stoffe. Teil 1: Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb. KTA, Köln, 1993; KTA 1504, Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. KTA, Köln, 1994., KTA 1508, Instrumentierung zur Ermittlung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre, Köln, 1988.
  - 27 zie bijvoorbeeld 2000 Report on Information about, and Assessment of, the Application of BAT in Nuclear Facilities. Presented by the Netherlands. VROM-rapport, december 1999.
  - 28 Besluit van 21 juni 1999, houdende overdracht van de zorg voor de Kernenergiewet. Staatsblad 1999, 275.
  - 29 Milieuprogramma 2001-2004. Aangeboden aan de Tweede Kamer op 19 september 2000. Tweede Kamer, vergaderjaar 2000-2001, 27 404, nrs. 1-2. Den Haag, SDU, 2000.
  - 30 Nota Medische stralingstoepassingen. Handelingen Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21439, nr. 2. Den Haag, SDU, 1990.
  - 31 Richtlijn radionuclidentherapie. VROM-publicatie 95295/h/2-96 14331/175, 1996.
  - 32 Richtlijn radionuclidenlaboratoria. VROM-publicatie 94-02, Den Haag, 1994.
  - 33 Advies Stralingsbescherming patiënten. Nationale Raad voor de Volksgezondheid. Publicatie 13/88. Zoetermeer, 1988.
  - 34 Advies inzake Richtlijnen voor stralingsbeveiliging in ziekeninrichtingen en poliklinieken. Publicatie nr. 1985/3, Gezondheidsraad, Den Haag, 1985.
  - 35 Verantwoordelijkheidsstructuur stralingsbescherming. Staatstoezicht op de Volksgezondheid. GHI bulletin, Rijswijk, 1993.
  - 36 Besluit bijzondere functies Wet ziekenhuisvoorzieningen. Besluit van 24 november 1983, houdende vaststelling van een algemene maatregel van bestuur als bedoeld in artikel 18, eerste lid van de wet Ziekenhuisvoorzieningen (Stb. 1971, 268, zoals laatstelijk gewijzigd bij Wet van 2 november 1978).
  - 37 Blokland, JAK en KS Wiarda. Aanbevelingen Nucleaire Geneeskunde. Commissie Kwaliteitsbevordering van de NVNG. Eburon Delft, 2000.
  - 38 Euratom-richtlijn externe werknemers 90/641/Euratom van 4 dec 1990, Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen L-349, 1990.
  - 39 Staatsblad 1999, 19. Besluit van 30 december 1998, houdende wijziging van het Besluit stralenbescherming Kernenergiewet (wijziging administratieplicht).
  - 40 Eleveld H en MJM Pruppers. Schattingen van de individuele en collectieve doses als gevolg van consumentenproducten waarin radioactieve stoffen zijn verwerkt, RIVM rapport 610310 005, Bilthoven, 2000.
  - 41 Brief van de Minister van VROM aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal van 10 juli 2001. Tweede Kamer, vergaderjaar 2000-2001, 27 400 XI, nr. 93.
  - 42 Handleiding beleidsstandpunten stralingshygiëne t.b.v. vergunningverlening. Deel I, reguliere toepassingen, VROM/SVS, versie 15 december 1993.

- 43 ORS. Omgaan met risico's van straling; normstelling ioniserende straling voor arbeid en milieu. Handelingen Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21483, nrs. 1-2. Den Haag, SDU, 1990.
- 44 ORS+. Normstelling ioniserende straling voor arbeid en milieu. Handelingen Tweede Kamer, vergaderjaar 1992-1993, 21483, nr. 15. Den Haag, SDU, 1993.
- 45 Hydro Agri Rotterdam B.V., Besluit stralenbescherming Kernenergiewet; vergunning t.b.v. de productie van fosforzuur en voederfosfaten, DGA/G/SHV, nr. 93/2652S, 27 september 1993.
- 46 Hydro Agri Rotterdam en Tessenderlo Chemie Rotterdam, Gedoogbeschikking, AI/CK/VCR/KEW 98/1437S, 8 september 1998.
- 47 Hydro Agri Rotterdam en Tessenderlo Chemie Rotterdam, Besluit stralenbescherming Kernenergiewet; beschikking, AI/CK/B/KEW 1999/33416, 14 juli 1999.
- 48 Kemira Pernis B.V., Besluit stralenbescherming Kernenergiewet; beschikking op aanvraag nr. 92/4264 I, DGA/G/SHV, nr. 93/2663 S, 20 september 1993.
- 49 Kemira Agro Pernis B.V., Gedoogbeschikking, AI/CK/VCR/KEW nr. 98/1436S, 10 september 1998.
- 50 Kemira Agro Pernis B.V., Besluit stralenbescherming Kernenergiewet; vergunning t.b.v. radioactieve stoffen, AI/CK/B/KEW nr. 1999/33587, 19 juli 1999.
- 51 Hoechst Hogehil N.V., Besluit stralenbescherming Kernenergiewet; wijziging voorschriften t.b.v. vestiging te Vlissingen, I-SZW/CK/U/KEW nr. 94/3380S, 28 december 1994.
- 52 ThermPhos International B.V., Besluit stralenbescherming Kernenergiewet; ivm complexvergunning en intrekking vergunningen tbv opdeling Hoechst Holland NV, aan de nieuwe vergunninghouders, AI/CK/VCR/KEW nr. 1998/1538 S, 23 november 1998.
- 53 Hoogovens groep B.V. Vergunning DGA/G/SHV No. 92/2697S, 1 oktober 1992.
- 54 Hoogovens Staal B.V., Besluit stralenbescherming Kernenergiewet; wijziging vergunning t.b.v. Hoogovens Staal B.V. te IJmuiden, AI/CK/VCR/KEW nr. 97/1911 S, 13 november 1997.
- 55 Hoogovens Staal B.V., Besluit stralenbescherming Kernenergiewet; wijziging vergunning t.b.v. Hoogovens Staal B.V. te IJmuiden, AI/CK/VCR/KEW nr. 97/2493 S, 13 januari 1998.
- 56 Hoogovens Staal B.V., Besluit stralenbescherming Kernenergiewet; wijziging vergunning t.b.v. Hoogovens Staal B.V. te IJmuiden, AI/CK/VCR/KEW nr. 98/1434 S, 21 augustus 1998.
- 57 Hoogovens Staal B.V., Besluit stralenbescherming Kernenergiewet; wijziging vergunning t.b.v. Hoogovens Staal B.V. te IJmuiden, AI/CK/VCR/KEW nr. 96/3038 S, 13 mei 1997.
- 58 Hoogovens Staal B.V., Besluit stralenbescherming Kernenergiewet; complexvergunning, AI/CK/VCR/KEW nr. 98/469 S, 7 mei 1998.
- 59 Expeditie- en Veembedrijf Eggerding en Co. B.V., Besluit stralenbescherming Kernenergiewet; vergunning t.b.v. verwerking van industriemineralen en industriële halffabrikaten, ISZW/CK/U/KEW nr.94/1499S, 26 mei 1994.
- 60 Advies inzake klasse-indeling van en lozingsnormen voor radionuclidenlaboratoria. Publicatie nr. 1985/1, Gezondheidsraad, Den Haag, 1985.
- 61 NEA/OECD. Beneficial uses and Production of Isotopes, 1998.
- 62 Vereniging van Integrale Kankercentra, Incidence of cancer in the Netherlands 1996. 2000.
- 63 Beekhuis, H *et al.* VROM 1992/55. Stralingsbelasting van leden van de bevolking als gevolg van medische toepassing van radiofarmaca: consequenties voor ontslagcriteria. 1992.
- 64 Groth S. Nuclear applications in health care. Lasting benefits. IAEA Bulletin 42(1): 33-40, 2000.
- 65 <http://www.ipem.org.uk/new/meetings/scrap/scrpdata.htm>. Overzicht apparatuur Britse radiotherapie-instellingen, raadpleegdatum 13-10-2000.
- 66 Kicken P. Stralingshygiëne bij endovasculaire brachytherapie in het AZR. Klin. Fysica 1999/2:31-34, 1999.
- 67 Franken Y en ChrJ Huyskens. Endovasculaire brachytherapy na PCTA: kengetallen voor dosimetrie en stralingsbescherming. Klin. Fysica 1999/2:35-38, 1999.
- 68 Timmermans CWM en LM Beentjes. Inventarisatie van röntgentoestellen in Nederlandse ziekenhuizen. VROM 1985/7, 1985.

- 69 Karzmark CJ, CS Nunan, E Tanabe. Medical Electron Accelerators. McGraw-Hill, New York, 1993.
- 70 Modelvergunning 14 V - Verzamelvergunning voor niet-destructief onderzoek. VROM, Den Haag, 17 december 1996.
- 71 Zuur C. Ingekapselde bronnen, waaronder mobiele bronnen. Advies Werkgroep I betreffende mobiele bronnen, VROM, Den Haag, 15 oktober 1996.
- 72 Van Hienen JFA, PM Roelofsen, AW van Weers en AD Poley. Gevolgen van lozingen bij normaal bedrijf van Nederlandse kerninstallaties. ECN rapport ECN-C- -90-015, 1990.
- 73 Laheij GMH, RO Blaauboer en JFMM Lembrechts. Risicoberekening voor in het milieu geloosde radionucliden – Onderbouwing richtlijn voor vergunningen (RIBRON) – EERSTE HERZIENE VERSIE. RIVM rapport 610053005, Bilthoven, 1996.
- 74 Lembrechts, J De dosis ten gevolge van eenheidslozingen  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  en  $^{210}\text{Po}$  in de Nieuwe Waterweg – Een herberekening op basis van nieuwe inzichten, RIVM-rapport 610050004, februari 1998.
- 75 ThermPhos, Radiologische jaarrapportage 2000 en meetplan 2001
- 76 Krijgsman JC. Conceptnotitie: Beperking van lucht- en waterzijdige emissies van radioactieve stoffen bij Hoogovens Staal, Hoogovens, 1996.
- 77 Van der Graaf ER en RJ de Meijer. Analyse van de stralingsrisico's tengevolge van door Maalwerk Amsterdam BV in de lucht geloosde stoffen. Environmental Radioactivity Research and Consultancy Group rapport S43, 1998.
- 78 Pruppers MJM en RO Blaauboer. Gevolgen van nieuwe vergunningsplichtige grenzen voor lozingen in lucht en water door radionuclidenlaboratoria. RIVM rapport 610053003, in voorbereiding.
- 79 NCRP. Structural shielding design and evaluation for medical use of X rays and gamma-rays of energies up to 10 MeV. NCRP report 49, 1976.
- 80 NCRP. Radiation Protection Design guidelines for 0.1-100 MeV particle accelerator facilities. NCRP report 51, 1977.
- 81 ICRP. Data for protection against ionizing radiation from external sources. ICRP No. 21, 1976.
- 82 Kersey RW. Estimation of neutron and gamma radiation doses in the entrance mazes of SL75/20 linear accelerator treatment rooms. Medicamundi 24: 151, 1979.
- 83 Kal HB en J Zoetelief. Niet-destructief onderzoek en ALARA, Rapportnr. RD-I/9812-395, TNO-CSD, 1999.
- 84 Pruppers MJM, Opties voor milieubeleidsindicator straling, RIVM rapport 607880004, Bilthoven, 2002.
- 85 Janssen MPM, Radioactiviteit in Nederlandse gebruiksartikelen, RIVM rapport 610230002, Bilthoven, 2002.



## Bijlage 1 Verzendlijst

1-30	Directeur van de Directie Stoffen, Afvalstoffen en Straling
31	Plaatsvervangend Directeur-Generaal Milieubeheer
32-36	VROM-Inspectie
37-41	Directie Arbeidsomstandigheden van SZW
42-46	Afdeling Beschikkingen van de Arbeidsinspectie/Centraal Kantoor
47-51	Arbeidsinspectie/Centraal Kantoor van SZW
52-56	Curatieve en Somatische Zorg, directie van VWS
57-61	Inspectie voor de Gezondheidszorg van VWS
62	Depot Nederlandse Publikaties en Nederlandse Bibliografie
63	Directie RIVM
64	Directeur Sector Milieurisico's en Externe Veiligheid
65	Hoofd van het Laboratorium voor Stralingsonderzoek
66	Hoofd van de afdeling Risicoanalyse en ModelOnderzoek
67	Hoofd van de afdeling Monitoring en Meetmethoden
68	Hoofd van de afdeling Radiologische Incidenten en Systemen
69-74	Auteurs
75	SBC / Communicatie
76	Bureau Rapportenregistratie
77	Bibliotheek RIVM
78	Bibliotheek LSO
79-93	Bureau Rapportenbeheer
94-110	Reserve-exemplaren LSO

## Bijlage 2 Afkortingen

ABC	actuele-blootstellingscorrectie(-factoren)
AID	actuele individuele dosis
ALI	<i>annual limit of intake</i>
BMS	beleidsmonitoringsysteem straling
Bs	Besluit stralingsbescherming
BsK	Besluit stralenbescherming Kernenergiewet
COVRA	Centrale Organisatie voor Radioactief Afval
DC	dosiscoëfficiënten
DGM	Directoraat Generaal Milieubeheer van VROM
ECN	Energieonderzoek Centrum Nederland
GCO	Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek van de EU
HABOG	Hoogradioactief Afval Behandelings- en Opslaggebouw
HDR	apparaat voor behandeling met hoog dosistempo bij brachytherapie
HFR	Hoge Flux Reactor te Petten
IMS	Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen
KCB	Kerncentrale Borssele
KCD	Kerncentrale Dodewaard
KEMA	Keuring Elektrotechnische Materialen
Kew	Kernenergiewet
LDR	apparaat voor behandeling met laag dosistempo bij brachytherapie
LNV	ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij
LFR	Lage Flux Reactor te Petten
LOG	Laag- en middelradioactief afval Opslag Gebouw van COVRA
LSO	Laboratorium voor Stralingsonderzoek van RIVM
MID	multifunctionele individuele dosis
MLL	(theoretisch) maximale lozing in lucht
MLW	(theoretisch) maximale lozing in water
MW <sub>th</sub>	thermisch vermogen van een nucleaire installatie
MW <sub>e</sub>	elektrisch vermogen van een nucleaire installatie
NDO	niet-destructief onderzoek
NDRIS	Nationaal Dosis Registratie en Informatie Systeem
PDR	apparaat voor behandeling met gepulseerd dosistempo bij brachytherapie
Re	radiotoxiciteitsequivalent
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
SPIN	Samenwerkingsproject Procesbeschrijvingen Industrie Nederland
SNB	Straling, Nucleaire en Bioveiligheid, afdeling van directie SAS
SAS	Stoffen, Afvalstoffen en Straling, directie van DGM
SZW	ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid
TNO	Nederlandse organisatie voor toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek
VROM	ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
VWS	ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport