

SBD 4518

**Stralingsbeschermingsdienst**

Rapportnummer SBD 4518

Samenstelling:

ir. Chr. J. Huyskens

ir. J. Hemelaar

Datum: maart 1984

123-119

INVENTARISATIE VAN LAAG- EN  
MIDDEL-RADIOACTIEF AFVAL

VOORLOPIGE COMMISSIE MILIEU-EFFECTRAPPORTAGE	
INGEKOMEN	
20 MAART 1985	
Afd.	Nr. ....

Onderzoek in opdracht van (toenmalige) Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne en van Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.



INHOUDSOPGAVE

INLEIDING	- 1 -
1. SCOPE VAN HET ONDERZOEK	- 2 -
2. AFVALVOLUME	- 6 -
Samenvatting	- 7 -
Tabellen	- 9 -
3. RADIOACTIVITEIT IN AFVAL	- 11 -
Samenvatting	- 12 -
Figuren en tabellen	- 15 -
4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	- 24 -
Volume reductie	- 24 -
Normstelling	- 27 -
5. HAALBAARHEID VAN METINGEN	- 29 -
Meetvoorstellen	- 29 -
Toepasbaarheid	- 30 -

BIJLAGE

## INLEIDING

In opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer wordt bij de Stralingsbeschermingsdienst van de Technische Hogeschool Eindhoven onderzoek verricht naar de mogelijkheden tot beperking van de hoeveelheid radioactief afval. Het onderzoek heeft betrekking op laag- en middelradioactief afval waarin radioactieve stoffen voorkomen in de vorm van open bronnen. Hoog actief afval en de afvalstroom die verband houdt met de toepassing van zogenaamde gesloten radioactieve bronnen vallen buiten de scope van het onderzoek.

Het onderzoek is een vervolg op de medio 1982 uitgevoerd globaal verkennende studie door Twijnstra/Gudde. Daarin werd aanbevolen om het "radioactieve afval" meer in detail te inventariseren om zodoende een beter inzicht te krijgen in de mogelijkheden voor scheiding van het afval bij de bron, teneinde een wezenlijke volume reductie te realiseren.

Het onderzoek werd verricht onder leiding van ir. Chr. J. Huyskens en werd begeleid door een commissie onder voorzitterschap van dr. A.M.F. Op den Kamp en dr. H.A. Selling van de Directie Straling van het genoemde ministerie. De samenstelling van de commissie is vermeld in bijlage 1.

Een deel van het onderzoek betrof het middels een enquête inventariseren van de grootheden die kenmerkend zijn voor de samenstelling van het afval dat ontstaat ten gevolge van het laboratoriumgebruik van open radioactieve stoffen. Over dat deel van het onderzoek werd een deelrapport uitgebracht (rapport SBD 4424, Inventarisatie van laboratoriumafval t.g.v. de toepassing van radioactieve stoffen in de vorm van open bronnen). De daarin vermelde resultaten zijn in dit rapport verwerkt.

In hoofdstuk 1. wordt eerst de scope van het onderzoek toegelicht. Ook wordt ingegaan op de onderverdelingen die zijn doorgevoerd naar herkomst van het afval (gebruikerscategorie) en naar halveringstijd van de nucliden (nuclidegroepen).

Omdat de grootheid "radioactiviteit" als maat voor de hoeveelheid van een radioactieve stof onvoldoende informatie geeft over het mogelijke risico voor gezondheid en milieu wordt ook ingegaan op de grootheid "radiotoxiciteit".

Hoofdstuk 2. handelt over het volume van afval. Er worden gegevens gepresenteerd over de herkomst van het afval en de omvang van de verschillende deelstromen.

Hoofdstuk 3 is gewijd aan de nuclide-samenstelling van het afval. Er worden schattingen gegeven voor de hoeveelheden radioactiviteit en radiotoxiciteit; ook hier wordt zoveel mogelijk onderscheid gemaakt naar herkomst van het afval.

In hoofdstuk 4 worden conclusies gepresenteerd over de onderlinge relaties die bestaan tussen, hoeveelheden, nuclidesamenstelling, volumesoort en herkomst van het afval. Ook worden aanbevelingen gedaan m.b.t. volume reductie en m.b.t. de normstelling ter zake.

Een deel van het onderzoek werd verricht samen met Canberra Positronika B.V. te Eindhoven. Het betreft de uitwerking van meetvoorstellen voor de selectie en etikettering van laag- en middelradioactief afval. In hoofdstuk 5 worden de resultaten van dat onderzoek samengevat en wordt ingegaan op de praktische betekenis van het gebruik van de voorgestelde apparatuur.

## 1. SCOPE VAN HET ONDERZOEK

Het onderzoek was in het bijzonder gericht op het inventariseren en onderling relateren van de kenmerkende grootheden van afval dat open radioactieve stoffen bevat.

Een belangrijk deel van de resultaten werd verkregen uit een enquête die werd gehouden onder gebruikers in Nederland die vergunning hebben voor de toepassing van open radioactieve stoffen.

Het betrof in bijzonder de volgende gegevens (op jaarbasis):

- de toegepaste hoeveelheden radioactiviteit
- de toegepast radionucliden
- het afvalvolume dat via de erkende ophaaldienst werd afgevoerd
- het afvalvolume dat langs andere (conventionele) weg werd verwijderd
- het onderscheid naar afvalsoort
- de toegepast selectie en verwerkingsmethoden voor het afval
- de aard en de omvang van de werkzaamheden.

De resultaten van de enquête werden apart samengevat in een deelrapport (rapport SBD 4424). Ze liggen verder ten grondslag aan de eindresultaten die in dit rapport worden beschreven.

Bij het verzamelen en verwerken van de enquête-gegevens werden de gebruikers van radioactieve stoffen onderverdeeld in 5 verschillende gebruikerscategorieën, al naar gelang de aard van de toepassingen. Daarbij werd in hoofdlijnen dezelfde indeling aangehouden die bij de Directie Straling van het Ministerie VROM wordt gehanteerd, nl.

- ACZKH: academische ziekenhuizen
- ZKH: ziekenhuizen en poliklinieken
- BEDR: het bedrijfsleven
- DI/INS: diensten en instituten
- UN/HO: universiteiten en hogescholen

De samenstelling van het afval van de instellingen die bij de enquête buiten beschouwing waren gebleven, werd apart bestudeerd. Het betreft:

- KEC: de kernenergiecentrales te Borssele en Dodewaard
- UV: de instellingen die zich bezighouden met verrijking van uranium
- NP: de nuclideproductie
- INS/OR: de instellingen met onderzoeksreactoren (IRI-Delft en ECN Petten)
- GRA: de erkende ophaaldienst voor radioactief afval (groep radioactief afval van het ECN Petten)

Deze bedrijven en instellingen werden apart beschouwd omdat de aard van de toepassingen, de bepalende grootheden en de onderlinge samenhang van de kenmerkende grootheden anders zijn dan bij de overige laboratoriumtoepassingen. Bovendien zijn voor deze bedrijven en instellingen de gegevens over de samenstelling van het afval af te leiden uit de gegevens van de erkende ophaaldienst.

In ons onderzoek is ruim aandacht besteed aan de nuclidesamenstelling in het afval. Behalve naar radioactiviteit is in bijzonder gekeken naar halveringstijd en radiotoxiciteit van de nucliden in het afval omdat naar de mening van de onderzoekers en de begeleidingscommissie deze grootheden in belangrijke mate bepalend zijn uit het oogpunt van volksgezondheid en milieuhygiëne.

Omdat het ondenkelijk leek de gegevens over meerdere jaren te verzamelen werd gekozen voor een inventarisatie die betrekking heeft op het jaar 1982.

### "Radioactief afval"

In algemene zin kan het afval dat ontstaat t.g.v. het toepassen van radioactieve stoffen worden onderscheiden in 3 typen:

- Afval dat radioactieve stoffen bevat in hoeveelheden die groter zijn dan bedoeld in artikel 6 en 7 van het Radioactieve-stoffen-besluit (RASB). Voor dit afval geldt een verbod zich ervan te ontdoen zonder vergunning, tenzij het wordt afgegeven aan een door de minister erkende ophaaldienst. Voor dit type afval reserveren wij de term "radioactief afval".
- Afval dat weliswaar radioactieve stoffen bevat, doch in hoeveelheden die kleiner zijn dan bedoeld in artikel 6 en 7 van het RASB. Voor dit afval geldt geen verbod zich ervan te ontdoen zonder vergunning. Ook geldt niet de verplichting voor afgifte aan een door de minister erkende ophaaldienst. Voor dit type afval reserveren wij de term "vrijgesteld afval".
- Afval dat geen radioactieve stoffen bevat (of heeft bevat) anders dan de natuurlijke radioactiviteit. Om zich hiervan te ontdoen gelden dan ook geen verdere beperkingen op grond van het RASB. Voor dit type afval reserveren wij de term "conventioneel afval".

In de dagelijkse praktijk wordt alle afval waarvan men zich ontdoet door afgifte aan de erkende ophaaldienst radioactief afval of kernafval genoemd. Wij gebruiken hiervoor de omschrijving "via de erkende ophaaldienst afgevoerd afval".

### Nuclidegroepen

Bij de presentatie van de gegevens over de activiteitssamenstelling van het afval wordt onderscheid gemaakt naar een vijftal nuclidegroepen. De indeling is als volgt:

- Nuclidegroep I: nucliden met een halveringstijd kleiner dan 10 dagen, met uitzondering van I-131.
- Nuclidegroep II: nucliden met een halveringstijd tussen 10 dagen en 100 dagen, alsmede I-131.
- Nuclidegroep III: nucliden met een halveringstijd tussen 100 dagen en 1000 dagen.
- Nuclidegroep IV: nucliden met een halveringstijd groter dan 1000 dagen.
- Nuclidegroep V: nucliden die ALFA straling uitzenden en nucliden met ALFA-stralers als dochterproduct.

De indeling naar halveringstijd voor de eerste 4 nuclidegroepen is retrospectief tot stand gekomen, nadat een globaal beeld was verkregen over de nuclidesamenstelling in het afval. De grenswaarden tussen opeenvolgende nuclidegroepen zijn zodanig gekozen dat doelmatige aanbevelingen kunnen worden gedaan over wachttijden (versterftijden) voor het afval om zodoende de volumestroom te beperken.

De nuclide I-131 is qua halveringstijd een grensgeval. Gelet op de verhoudingsgewijs grote activiteitshoeveelheden (vooral bij medisch/therapeutische toepassingen) is voor beheersing van het I-131 afval een versterftijd nodig die past bij de aanpak voor nucliden uit groep II. De ALFA stralers zijn als een aparte nuclidegroep beschouwd omdat de radiotoxiciteit van ALFA emitters in het algemeen aanzienlijk groter is dan van de overige radionucliden. Om die reden is een aparte aanpak bij de behandeling van het afval nodig en gebruikelijk.

(In het deelrapport SBD 4424 is sprake van vier nuclidegroepen; de overigena weinige ALFA-stralers zijn daar niet als nuclidegroep V apart genomen doch ondergebracht in nuclidegroep IV.)

### Radiotoxiciteit

We stellen vast dat de grootheid radioactiviteit als maat voor de hoeveelheid van een radioactieve stof op zichzelf onvoldoende informatie geeft over het mogelijke risico voor gezondheid en milieu. Immers de radiotoxiciteit per eenheid van radioactiviteit is per nuclide verschillend.

Omdat we uiteindelijk geïnteresseerd zijn in de omvang van het risico voor de volksgezondheid en het milieu, is het gewenst om de hoeveelheden radioactiviteit uit te drukken in termen van radiotoxiciteit. Een mogelijkheid daartoe is toepassing van de afgeleide grootheid "Annual Limit on Intake". Deze afgeleide limiet is de hoeveelheid radioactiviteit die bij inname door de mens oorzaak zal zijn van een stralingsbelasting gelijk aan de jaardosislimiet voor beroepshalve aan straling blootgestelde personen.

Deze per nuclide verschillende afgeleide limietwaarden worden in het vakjargon van de stralingshygiëne de ALI-waarden genoemd. M.a.w. wanneer we de hoeveelheid radioactiviteit, uitgedrukt in bv. millicurie, delen door de ALI-waarde van de betreffende nuclide, krijgen we een maat voor de stralingsdosis in geval van een inwendige besmetting bij de mens. De hoeveelheid radioactieve stof uitgedrukt in het aantal ALI-eenheden is dan een maat voor de radiotoxiciteit van die hoeveelheid radioactieve stof.

In het ALI-concept is modelmatig rekening gehouden met verschillen in metabolisme, halveringstijd en stralingssoort per nuclide. Ook is de invloed van de in het lichaam gevormde radioactieve dochternucliden verwerkt.

Vocalsnog is gekozen voor het gebruiken van de ALI-waarden die gelden bij inslikken (ingestie). Een analoge benadering is mogelijk gebaseerd op ALI-waarden voor geval van inhalatie. De keuze is afhankelijk van de veronderstelde "path-way" voor eventuele inwendige besmetting van personen. Onderlinge vergelijking van ALI-waarden voor inhalatie en ingestie voor de radionucliden die in de afvalstroom terecht komen heeft geleerd dat voor zover het geen ALFA stralers betreft, slechts voor een 2 tal nucliden (Co-60 en Tc-99) geldt dat de radiotoxiciteit bij inhalatie significant ongunstiger is dan ingeval van ingestie. Voor deze nucliden zal de benaderingswijze op basis van de ALI-waarden voor ingestie tot een onderschatting kunnen leiden van het radiotoxiciteit-risico met een factor 5 à 7.

Voor radionucliden die ALFA-straling uitzenden geldt in het algemeen dat het potentiële gezondheidsrisico bij inhalatie aanzienlijk ongunstiger kan zijn dan bij ingestie. Daarbij wordt opgemerkt dat de aanzienlijk grotere radiotoxiciteit van ALFA stralers in geval van ingestie op zich al reden was om de ALFA-stralers als een aparte nuclidegroep te beschouwen.

Zonder al te zeer op details in te gaan moet worden gezegd dat toepassing van het ALI-concept in dit verband ook weer niet alleszeggend is. Dit wordt hier toegelicht met een tweetal kanttekeningen.

-De hier gehanteerde ALI-waarden berusten op de modelbenadering van ICRP-publicatie 30 en gelden derhalve voor personen die beroepshalve aan ioniserende straling worden blootgesteld. Bij risicobeschouwingen in relatie tot (leden van) de bevolking dient met zich te realiseren dat de modelparameters in specifieke gevallen aanzienlijk anders kunnen zijn dan in het ICRP-30 model.

Bij beschouwingen over de collectieve stralingsbelasting op bevolkingsschaal moet rekening worden gehouden met het gegeven dat, wanneer een hoeveelheid radioactieve stof eenmaal in het milieu is gebracht, er gedurende de verdere fysische levensduur kans bestaat op inname door de mens. Behalve de halveringstijd van de nuclide speelt dan ook het transportmodel in het milieu een rol.

Een probleem dat zich in dit verband voordoet betreft het feit dat collectieve dosisberekeningen op bevolkingsschaal - waar het gaat om extreem langlevende radionucliden - een tijdsbestek kan omvatten van vele duizenden jaren of langer. Het in beschouwing nemen van bevolkingsdosisconsequenties over dergelijk lange tijden is niet altijd zinvol zodat - vanuit beleidsoverwegingen - een tijdsbegrenzing zou kunnen worden aangegeven.

#### massa-activiteits-limiet (MAL)

In dit rapport wordt regelmatig gesproken over normstelling en grenswaarden die ten grondslag liggen aan de verplichting tot afgifte van radioactieve afvalstoffen aan een door de Minister erkende ophaaldienst. Hiermee wordt gedoeld op de inhoud van artikel 6 en 7 van het radioactieve-stoffenbesluit Kernenergiewet:

het verbod zich zonder vergunning van radioactieve stoffen te ontdoen geldt m.b.t. alle radioactieve stoffen met uitzondering van radioactieve stoffen, waarvan de activiteit minder bedraagt dan 2 nanocurie per gram.

Terwille van vereenvoudigd woordgebruik wordt soms de term "massa-activiteits-limiet (MAL)" gebruikt. Hiermee wordt bedoeld de activiteit van een bepaalde hoeveelheid afval die overeen komt met het product van de massa van de beschouwde hoeveelheid afval en deze grenswaarde van 2 nanocurie per gram.



## 2. AFVALVOLUME

Bij de inventarisatie van volume hoeveelheden is uitgegaan van een stroom-schema, waarin 4 deelstromen worden onderscheiden nl.:

-Stroom I: Het afval dat direct vanuit de laboratoria langs conventionele weg wordt afgevoerd; deze afvalstroom omvat conventioneel afval en eventueel ook vrijgesteld afval.

-stroom II: Het afval dat op een of andere wijze tijdelijk wordt bewaard alvorens het definitief wordt verwijderd; deze afvalstroom naar tussenopslag resulteert uiteindelijk in twee andere deelstromen, nl.:

-stroom III: Het vrijgestelde afval dat alsnog langs conventionele weg wordt verwijderd omdat het geen radioactiviteit bevat boven het niveau van de daarvoor gestelde normen.

-stroom IV: Het afval dat via de erkende ophaaldienst wordt afgevoerd.

De volume hoeveelheden in de vier deelstromen zijn elk afzonderlijk geïnventariseerd en vervolgens per gebruikerscategorie en zo mogelijk per afvalsoort gerangschikt.

Voor de qua volume vanuit belangrijkste afvalsoort, het vaste afval, is een overzicht van een afzonderlijke deelstromen per gebruikerscategorie gegeven in tabel 2.1. (zie pag. 9)

We constateren dat een controle op de betrouwbaarheid van gegevens van stroom I niet mogelijk is. Wel werd getoetst in hoeverre de gegevens voor stroom II overeenstemmen met de som van stromen III en IV.

De geïnventariseerde gegevens voor het via de erkende ophaaldienst afgevoerde afval (stroom IV) werden vergeleken met soortgelijke gegevens die beschikbaar waren bij de groep radioactief afval (GRA) van het ECN Petten.

### Conventioneel en vrijgesteld afval

Het afval dat direct vanuit de laboratoria langs conventionele weg wordt afgevoerd, bestaat deels uit afval dat geen radioactieve stoffen bevat en deels uit vrijgesteld afval.

Het totale volume aan direct conventioneel behandeld afval (stroom I) wordt geschat op ca. 2000 m<sup>3</sup> per jaar.

In een later stadium wordt nog eens 300 à 400 m<sup>3</sup> vrijgesteld afval langs conventionele weg verwijderd. Uit tabel 2.1 (zie pag.9) valt te lezen dat deze vrijgestelde afvalstroom na tussenopslag nagenceg geheel afkomstig is van ACZKH, ZKH en UN/HO. Dit is een logisch gevolg van het feit dat daar in belangrijke mate gebruik wordt gemaakt van kortlevende radionucliden. Van universiteiten en hogescholen is verder bekend dat ze bijzondere aandacht besteden aan het beperken van de uiteindelijk via de erkende ophaaldienst af te voeren afvalhoeveelheid. Bij de routing van het afval binnen deze instellingen wordt veel aandacht besteed aan "scheiding aan de bron".

In het deelrapport SBD 4424 is terug te vinden dat naast de 300 à 400 m<sup>3</sup> vast afval nog ca. 25 m<sup>3</sup> ander afval als vrijgesteld wordt afgevoerd. Het betreft

- organisch vloeibaar afval (ca. 2 m<sup>3</sup>)
- anorganisch vloeibaar afval (ca. 7 m<sup>3</sup>)
- biologisch afval (ca. 11 m<sup>3</sup>)
- glaswerk (ca. 5 m<sup>3</sup>)

Het veruit grootste deel van deze vrijgesteld afgevoerde afvalsoorten is afkomstig uit UN/HO.

Bij de inventarisatie van het vrijgestelde afval is buiten beschouwing gebleven het anorganische vloeibare afval dat vanuit de laboratoria op het oppervlakte-water wordt gelcosd. Het inventariseren van de lozingen op oppervlakte-water viel buiten het bestek van het onderzoek.

#### Afvoer via de erkende ophaaldienst

Bij het inventariseren van de volumestroom van het afval dat via de erkende ophaaldienst werd afgevoerd, doet zich het probleem voor dat de verzamelde gegevens over de afvaltransporten in een jaar niet zonder meer betrekking hebben op de omvang van deelstroom IV op jaarbasis. (Strikt gesproken is de omvang van deelstroom IV niet zonder meer gelijk te stellen aan de hoeveelheden afval die in een jaar door de erkende ophaaldienst worden verzameld.) Bij de interpretatie van de gegevens die door middel van de enquête werden verzameld is dan ook per geval zoveel mogelijk rekening gehouden met o.a. de verzamelperioden en het aantal afvaltransporten in de afgelopen jaren. De op deze wijze geïnterpreteerde volumehoeveelheden van het afval dat via de erkende ophaaldienst werd afgevoerd is per gebruikerscategorie weergegeven in tabel 2.2 (zie pag. 9). Daarbij is een onderverdeling gemaakt naar afvalsoort.

Om de betrouwbaarheid van de in tabel 2.2. gegeven cijfers te toetsen is een vergelijking gemaakt met de betreffende kwartaal- en jaarcijfers van de groep GRA van het ECN.

De overeenkomstige cijfers voor de volume-omvang in deelstroom IV zijn per afvalsoort gegeven in tabel 2.3 (zie pag. 10). Naast elkaar staan vermeld de volumehoeveelheden zoals werden afgeleid uit de GRA-gegevens en de volumeschattingen gebaseerd op onze inventarisatie. Geconcludeerd kan worden dat de uit de enquête afgeleide totaal-omvang van deze deelstroom (stroom IV) voor de belangrijkste afvalsoorten goed overeenkomt met de volumehoeveelheden die werden afgeleid uit de GRA-gegevens. Slechts voor één afvalsoort, nl. de telptjes blijken zodanige verschillen dat geen betrouwbare gevolgtrekkingen mogelijk zijn.

#### Samenvatting

Samengevat gaat het volgens de GRA-gegevens om ca. 695 m<sup>3</sup> vast afval, waarvan ca. 27 m<sup>3</sup> als "niet persbaar" werd aangemerkt. De eigen inventarisatie resulteerde in ca. 655 m<sup>3</sup>, waarvan minimaal 20 m<sup>3</sup> als niet persbaar werd geïdentificeerd.

De procentuele verdeling van dit afval naar herkomst is samengevat in het staafdiagram van figuur 2.4 (zie pag. 10).

Het totaalvolume aan organisch vloeibaar afval is ca. 25 m<sup>3</sup>. Ruim de helft hiervan (ca. 17 m<sup>3</sup>) is afkomstig uit de universitaire wereld (UN/HO en ACZKH).

Verder kan het volgende worden geconcludeerd:

Zonder onderscheid naar gebruikerscategorie blijkt dat ongeveer 25% van het aanvankelijk ontstane afvalvolume uiteindelijk via de erkende ophaaldienst wordt afgevoerd. Per gebruikerscategorie varieert dit percentage van 5% tot 100%.

In het algemeen geldt dat de onderlinge verhouding van de volumedeelstromen per gebruikerscategorie sterk verschillen. Zo wordt binnen de ZKH slechts ca. 5% van de totale afvalhoeveelheid uiteindelijk via de erkende ophaaldienst afgevoerd.

Binnen de categorie UN/HO wordt 80% van het afvalvolume langs conventionele weg afgevoerd.

Gebleken is dat bijna de helft van de ziekenhuizen in het geheel geen afval via de ophaaldienst afvoert.

Enige vorm van tussenopslag van het afval binnen de instelling of gecentraliseerd voor een aantal gebruikers, blijkt bij de gebruikerscategorieën uit het bedrijfsleven niet of nauwelijks tot een volumereductie te leiden voor het via de erkende ophaaldienst afgevoerde afval.

Om de afvalstroom van de telpotjes beter in kaart te brengen zou verdere navraag nodig zijn, in bijzonder binnen de gebruikerscategorieën DI/TNS en UN/HO.

Tabel 2.1 GEINVENTARISEERDE VOLUMESTROMEN VOOR VAST AFVAL IN 1982  
PER GEBRUIKERSCATEGORIE

(het linkergetal geeft het afvalvolume (in m<sup>3</sup>); het rechter getal geeft de relatieve waarde van elk volume ten opzichte van het totale afvalvolume binnen de betreffende gebruikerscategorie)

	Stroom I+II (totaal)	Stroom I (dir.afvoer)	Stroom II (tussenopslag)	Stroom III (vrijgesteld)	Stroom IV (erk.oph.dienst)
ACZKH (7)	271/100	150/55	121/45	40/15	81/30
ZKH (77)	861/100	640/75	221/25	170/20	51/5
BEDR (11)	87/100	50/60	37/40	5/5	32/35
DI/INS (24)	116/100	65/55	51/45	7/5	44/40
UN/HO (10)	481/100	290/60	191/40	95/20	96/20
KEC (2)	130/100	----	130/100	----	130/100
UV/NP (2)	553/100	450/80	103/20	----	103/20
INS/OR (2)	275/100	155/55	120/45	----	120/45
Totaal	2774/100	1800/65	974/35	317/10	657/25

Tabel 2.2 VOLUMINA (in m<sup>3</sup>) VAN HET VIA DE ERKENDE OPHAALDIENST AFGE-  
VOERDE AFVAL (STROOM IV), PER AFVALSOORT EN PER GEBRUIKERS-  
CATEGORIE

(tussen haakjes is vermeld het aantal instellingen waarop de gegevens betrekking hebben)

	pers- baar vast	niet pers- baar vast	organisch vlceibaar	anorganisch vlceibaar	biologisch	telpotjes
ACZKH (7)	80 (7)	1	4,5 (5)	7,3 (7)	0,44 (3)	16 (3)
ZKH (77)	50 (42)	1	2,6 (18)	18,5 (32)	0,15 (1)	1,4 (3)
BEDR (11)	30 (10)	2	1,35 (5)	2,45 (6)	0,57 (2)	12,9 (4)
DI/INS (24)	42 (18)	2	2,3 (15)	6 (16)	0,4 (2)	9,5 (8)
UN/HO (10)	95 (10)	1	12 (10)	20 (10)	1,34 (7)	28 (3)
KEC (2)	125 (2)	5	----	1 (2)	----	----
UV/NP (2)	90 (2)	13	0,25 (1)	0,35 (1)	----	----
INS/OR (2)	118 (2)	2	----	1,4 (2)	0,3 (1)	0,2 (1)
Totaal (135)	630 (93)	27	23 (54)	57 (76)	3,2 (16)	68 (22)

Tabel 2.3 VOLUME-HOEVEELHEDEN PER AFVALSOORT IN HET VIA DE ERKENDE  
OPHAALDIENST AFGEVOERD AFVAL (STROOM IV)  
(Vergelijking van GRA/ECN-gegevens en de onderzoeksresultaten)

AFVALSOORT	GRA/ECN-GEGEVENS	INVENTARISATIE
Vast (totaal)	694 m <sup>3</sup> *	657 m <sup>3</sup> *
Vast persbaar	667 m <sup>3</sup>	630 à 637 m <sup>3</sup>
Vast niet persbaar	27 m <sup>3</sup>	20 à 27 m <sup>3</sup>
Organisch		
uit telpotjes	10 m <sup>3</sup>	
uit 60 l vaten	10 m <sup>3</sup>	23 m <sup>3</sup>
Anorganisch vloeibaar		
uit 60 l vaten	62 m <sup>3</sup>	57 m <sup>3</sup>
Biologisch	6,8 m <sup>3</sup>	3,3 m <sup>3</sup>
Telpotjes	1388 vaten**	68 m <sup>3</sup>

\* hierin is niet inbegrepen: 62 m<sup>3</sup> vast afval GRA dat bij de GRA ontstaat t.g.v. de verwerking van het afval; (50 m<sup>3</sup> persbaar afval en 12 m<sup>3</sup> niet persbaar) en 150 m<sup>3</sup> vast afval dat in 1982 werd verwerkt verband houdend met de grondafgraving KEMA.

\*\* Dit correspondeert met ca. 150 m<sup>3</sup>.

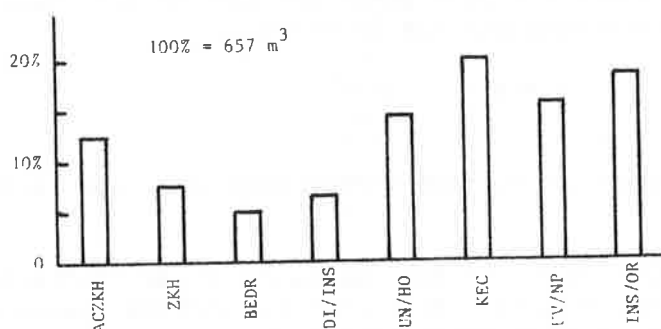


Fig. 2.4. VIA ERKENDE OPHAALDIENST AFGEVOERD  
VOLUME VAST AFVAL;  
VERDELING NAAR GEBRUIKSCATEGORIE

### 3. RADIOACTIVITEIT IN AFVAL

De schattingen voor de hoeveelheden radioactiviteit in het afval zijn voor een deel gebaseerd op de geïnventariseerde gegevens over de toegepaste hoeveelheden radioactiviteit op laboratoria. Voor een ander deel berusten de schattingen op directe informatie over de samenstelling van het afval.

De eerste benaderingswijze werd gevolgd voor de gebruikerscategorieën ACZKH, ZKH, BEDR, DI/INS en UN/HO, omdat voor deze laboratoriumtoepassingen geen betrouwbare gegevens beschikbaar zijn over de activiteit in het afval. De GRA-gegevens zijn slechts globaal en vormen een grove overschatting ondermeer omdat onbekende activiteitshoeveelheden in het afval vaak naar boven worden afgerond tot 1 millicurie per afgevoerd vat.

De gevolgde modelbenadering is beschreven in deelrapport SBD 4424.

Zoals uit de eerder gepresenteerde volume-gegevens blijkt is bij deze 5 gebruikerscategorieën voor wat betreft volumehoeveelheden, wél onderscheid mogelijk gebleken naar de verschillende afvalsoorten.

Voor wat betreft de schattingen van hoeveelheden radioactiviteit in het afval in deze categorieën was een differentiatie naar afvalsoort niet mogelijk. De hier gepresenteerde activiteit- en toxiciteitschattingen voor het afval uit deze gebruikerscategorieën hebben derhalve betrekking op het totale volume van alle afvalsoorten tezamen.

De tweede benaderingswijze (de directe methode) werd gevolgd voor het afval dat afkomstig is van de beide kerncentrales, de beide onderzoeksreactoren en de vestigingen op het ECN-terrein te Petten, de uraniumverrijking en de nuclideproductie. (gebruikerscategorieën KEC, UV/KP, INS/OR, TELP en GRA) De gegevens zijn afkomstig van de instellingen zelf en afgeleid uit de overzichten van de GRA/ECN.

Voor deze gebruikerscategorieën hebben we in het onderzoek zowel voor volumehoeveelheden als voor activiteitshoeveelheden apart gegevens verzameld voor enerzijds het als persbaar behandelde afval en anderzijds het als niet persbaar behandelde afval.

Met het oog op een nadere beoordeling van de haalbaarheid van volumereductie worden de activiteitsgegevens voor beide afvalsoorten van elkaar gescheiden weergegeven.

Bij de berekening van de geaccumuleerde activiteit (A) in het afval aan het eind van een verzamelperiode van t jaar wordt per nuclide het tussentijds verval verdisconteerd door toepassing van de formule:

$$A = P * T_{\frac{1}{2}} * 1,44 * (1 - \exp(-0,693 \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}))$$

Hierin wordt symbool P gebruikt voor de toevocercomponent van activiteit naar de afvalstroom.

Wanneer de verzamelperiode langer is dan ongeveer 4 x de halveringstijd ( $T_{\frac{1}{2}}$ ) bereikt de geaccumuleerde activiteit voor die nuclide nagenoeg een evenwichtswaarde (Q). In de evenwichtssituatie is de toevocer-component naar het afval dan gelijk aan de verdwijn-component als gevolg van radioactief verval. De geaccumuleerde activiteit in het afval kan nooit groter zijn dan de evenwichtswaarde Q.

De berekeningen per nuclide zijn gemaakt voor verzamelperioden van 1 jaar en van 10 jaar. De gekozen periode van 10 jaar houdt verband met de verloopige voorziening om het afval (via COVRA) voor een dergelijke periode tijdelijk op te slaan in afwachting van meer definitieve voorzieningen. Bij de berekeningen over 10 jaar is de jaarlijkse toevoer constant verondersteld.

De gegevens over de activiteits- en toxiciteitshoeveelheden in het afval worden in het navolgende steeds gepresenteerd in 3 clusters als volgt:

- Cluster A: activiteitsschattingen die betrekking hebben op het totaal van alle afvalsoorten uit de gebruikerscategorieën ACZKH, ZKH, BEDR, DI/INS en UN/HO tezamen;
- Cluster B: activiteitsgegevens die betrekking hebben op het persbare afval uit de gebruikerscategorieën KEC, UV/NP, INS/OR en GRA alsmede de gegevens over telpotjes (TELP).
- Cluster C: activiteitsschattingen die betrekking hebben op het als niet persbaar behandelde afval uit de gebruikerscategorieën KEC, UV/NP, INS/OR en GRA.

Hierna wordt eerst een samenvatting van de resultaten gegeven. De resultaten worden daarna gegeven in de vorm van tabellen en figuren (zie pag. 17 t/m 23)

#### Samenvatting

De totale hoeveelheid radioactiviteit in het afval van 1982 wordt geschat op ca. 400 curie. Een aanzienlijk deel hiervan is afkomstig van afgevoerde Tritium-targets die werden gebruikt in neutronen-generatoren en afgevoerde Tritium-bronnen; tezamen ca. 320 curie in het niet persbare afval van cluster C.

Het overige Tritium wordt geschat op ca. 30 à 35 curie, dat bijna in volledigheid is geïnventariseerd binnen het afval van cluster A.

Onderscheiden naar nuclidegroep is de activiteit als volgt verdeeld:

- ca. 0,6 curie van nucliden uit groep I
- ca. 3 curie van nucliden uit groep II
- ca. 5 curie van nucliden uit groep III
- ca. 70 curie van nucliden uit groep IV
- ca. 320 curie H-3 (groep IV) in de vorm van Tritium-targets en grote bronnen
- ca. 1 curie van nucliden uit groep V

Wanneer de hoeveelheden worden uitgedrukt in termen van radiotoxiciteit blijkt de onderverdeling naar nuclidegroep verhoudingsgewijs een totaal ander beeld te geven nl.

- ca. 100 ALI-eenheden van nucliden uit groep I
- ca. 50000 ALI-eenheden van nucliden uit groep II
- ca. 20000 ALI-eenheden van nucliden uit groep III
- ca. 150000 ALI-eenheden van nucliden uit groep IV
- ca. 200000 ALI-eenheden van nucliden uit groep V

Gezamenlijk resulteert dit in een geschatte toxiciteit-inhoud van het afval van ca. 400000 ALI-eenheden op jaarbasis.

Gelet op de relatief geringe radiotoxiciteit van H-3, behoeven de afgevoerde Tritium-targets/bronnen hier niet apart in beschouwing te worden genomen.

Het betreft in nuclidegroep II een twintigtal nucliden. Negen daarvan leveren elk een bijdrage van meer dan 0,1 curie; t.w. P-32, S-35, Sb-124, Cd-115m, Co-58, Cr-51, Fe-59, I-125 en I-131. Wanneer we ons baseren op radiotoxiciteit, stellen we vast dat deze binnen nuclidegroep II nagenoeg volledig wordt bepaald door de jodiumisotopen I-125 en I-131. Verder wordt vastgesteld dat ruim 60 % van dit jodiumhoudend afval is terug te voeren op toepassingen binnen de gezondheidszorg (ACZK en ZKH). Het overige deel is afkomstig van onderzoekslaboratoria en uit de sfeer van de nuclideproductie; de categorieën DI/INS, UK/HO en NP, elk ca. 10%.

Nuclidegroep III omvat in totaal 16 relevante nucliden. Daarvan is een zevental nagenoeg volledig bepalend voor de activiteitsinhoud t.w. Ca-45, Ce-144, Co-57, Cs-134, Mn-54, Ru-106 en Zn-65.

De vier laatst genoemde nuclidesoorten zijn nagenoeg volledig bepalend voor de jaarlijkse radiotoxiciteit in het afval. Ze zijn bijna volledig afkomstig van de kernenergiecentrales (KEC), de onderzoeksreactoren (OR) en de vestigingen op het ECN terrein te Petten (NP + GRA). Het afval met Zn-65 is overwegend niet persbaar afval, de overige nucliden zitten overwegend in het persbare afval; waarbij moet worden opgemerkt dat zocced als zeker sprake is van een verregaande vermenging met nucliden van groep IV.

Van de in totaal 11 nucliden die binnen nuclidegroep IV van belang zijn is H-3 een geval apart. In totaal werd 360 curie H-3 geïnventariseerd. Zoals reeds genoemd was ca. 250 curie daarvan afkomstig van de eenmalige afvoer van Tritium-targets voor neutronengeneratoren. Verder werd door één onderzoekinstelling bijna 80 curie aan Tritium-bronnen afgevoerd. Van het overige Tritium-afval is ca. 25 curie afkomstig van laboratorium toepassingen binnen de categorie BEDR en ca. 10 curie is afkomstig van de overige onderzoekslaboratoria.

Omdat H-3 gekenmerkt wordt door een relatief zeer geringe radiotoxiciteit hebben de grote activiteitshoeveelheden nauwelijks invloed op de totale radiotoxiciteitsinhoud van nucliden uit groep IV (360 curie Tritium komt overeen met ca. 3600 ALI-eenheden hetgeen correspondeert met ca. 1 % van het totaal uit de nuclidegroep IV).

Voor het overige van groep IV wordt de radioactiviteitsinhoud en radiotoxiciteitsinhoud van het afval nagenoeg volledig bepaald door de nucliden Co-60 en Cs-137. Het betreft ca. 20 curie Co-60 (corresponderend met ca. 90000 ALI-eenheden) en ca. 5 curie Cs-137 (corresponderend met ca. 50000 ALI-eenheden) naar herkomst zijn beide nucliden terug te voeren op het laboratoriumachtige persbare afval dat afkomstig is uit de kernenergiecentrales (KEC) en de onderzoeksreactoren (OR).

Tot nuclidegroep IV behoort ook de nuclide C-14. Hiervan wordt de jaarlijkse hoeveelheid in afval geschat op ca. 1,5 à 3 curie. Bij de inventarisatie is ca. 1,2 curie C-14 naar herkomst terug te voeren op de onderzoekslaboratoria. Echter in de apart beschouwde categorie telpotjes (TELP) werd nog eens 1,6 curie geregistreerd. Het wordt niet uitgesloten dat hier sprake is van een dubbeltelling. Hoewel de totaal geschatte hoeveelheid van ca. 3 curie C-14 "slechts" correspondeert met ca. 1200 ALI-eenheden is het in dit verband van belang te wijzen op de extreem lange halveringstijd van C-14 nl. 5736 jaar. Zoals in een eerder hoofdstuk werd opgemerkt heeft toepassing van het ALI-concept in dit verband zijn beperkingen.



De jaarlijkse activiteit aan ALFA-stralers (nuclidegroep V) die binnen de scope van het onderzoek vallen, wordt geschat op ca. 1 curie. Het overgrote deel daarvan betreft Pu-239. De geschatte jaarhoeveelheid (0,9 curie) wordt afgeleid van het gegeven dat in 2 jaar tijd 1,8 curie van dit afval werd afgevoerd. Het is afkomstig van splijtstofonderzoek, het is bekend dat dit afval geconcentreerd werd verzameld in een vijftiental vaten.

Verder is iets minder dan 0,1 curie van de nuclide Am-241 geïnventariseerd, alsmede 11 andere ALFA emitterende radionucliden waarvan de gezamenlijke activiteit wordt geschat op ca. 25 millicurie. De nucliden Pu-239 en Am-241 zijn bijna voor de volle 100 procent bepalend voor de totale radiotoxiciteitsomvang van nuclidegroep V.

Hoewel toepassing van het ALI-concept ook hier met het nodige voorbehoud moet geschieden, is de toxiciteitsomvang toch daarin uitgedrukt. De bedoeling is om de toxiciteitsomvang van nucliden van groep V in perspectief te kunnen brengen met de toxiciteitsomvang van de overige nucliden in afval. Gezamenlijk betreft het voor nuclidegroep V naar schatting ca. 200000 ALI-eenheden.

We stellen vast dat ca. 50 % van het totale jaarlijkse afvalvolume afkomstig is van de categorieën ACZKH, ZKH, BEDR, DI/INS en UN/HO (Cluster A). In deze ca. 400 à 500 m<sup>3</sup> afval zit naar schatting 5 à 10 curie aan radioactieve stoffen, wanneer Tritium buiten beschouwing blijft.

In de ca. 400 à 500 m<sup>3</sup> persbaar afval afkomstig van KEC, UV/NP, INS/OR en GRA wordt de jaarlijkse activiteit geschat op 30 à 40 curie. Ongeveer 125 m<sup>3</sup> hiervan bevat ca. 20 curie en is afkomstig uit KEC.

In het niet persbare afval uit KEC, UV/NP, INS/OR en GRA zit, wanneer we Tritium buiten beschouwing laten, 3 à 5 curie activiteit. Ongeveer 1 curie hiervan wordt gevormd door nucliden uit groep V.

Wanneer we de radiotoxiciteit als maatstaf nemen moeten we vaststellen dat deze ene curie aan ALFA-stralers overeenkomt met ongeveer de helft van de totale radiotoxiciteitsinhoud van het afval voor alle radionucliden tezamen. Eerder is als opgemerkt dat de grote hoeveelheid radioactiviteit aan H-3, een relatief kleine bijdrage levert tot de radiotoxiciteitsinhoud.

Af te leiden valt dat ca. 70 % van de toxiciteit van niet ALFA-stralers (nuclidegroep I t/m IV) terug te vinden is in ca. 400 à 500 m<sup>3</sup> persbaar afval in cluster B.

Het overgrote deel daarvan is terug te voeren op de ca. 250 m<sup>3</sup> afkomstig uit de kernenergiecentrales en de onderzoekreactoren.

Met inbegrip van de ALFA-emitters zit er in het niet persbare afval 50% van de totale toxiciteit en in het persbare plus overige afval ook 50%. Binnen het niet persbare afval dragen de ALFA's 90% bij tot de toxiciteit en binnen het persbare afval ca. 10%. De activiteit van ALFA-stralers is absoluut en relatief gering. Op de langere duur wordt door de halveringstijd (lange halveringstijd van ALFA's) de relatieve bijdrage wat groter.

### Figuren en tabellen

De uiteindelijke schattingen voor de hoeveelheden radioactiviteit en radiotoxiciteit in het jaarlijkse afval zijn gegeven in tabel 3.1. (zie pag. 17 en 18)

Per nuclide is achtereenvolgens gegeven

- nuclide naam (in alfabetische volgorde)
- halveringstijd (uitgedrukt in jaren)
- nuclide groep (zie indeling hoofdstuk 1)
- de toename van activiteit en toxiciteit bij verzamelen gedurende 10 jaren (groeifactor)
- de geaccumuleerde activiteit en toxiciteit na 1 jaar in het totale afval uit de gebruikerscategorieën ACZKH, ZKH, BFDR, DI/INS en UN/HO (cluster A)
- de geaccumuleerde activiteit en toxiciteit na 1 jaar in het persbaar afval uit de gebruikerscategorieën KEC, UV/NP, INS/OR en GRA, alsmede de telpotjes (cluster B)
- de geaccumuleerde activiteit en toxiciteit na 1 jaar in het niet persbare afval uit de gebruikerscategorieën KEC, UV/NP, INS/OR en GRA (cluster C)

Radioactiviteitshoeveelheden zijn uitgedrukt in millicurie; radiotoxiciteitshoeveelheden zijn uitgedrukt in ALI-eenheden voor ingestie.

Een grafisch overzicht van de geschatte hoeveelheden radiotoxiciteit per nuclide in het afval bij verzamelperioden van 1 jaar en 10 jaar is - voor elk van de nucliden afzonderlijk - gegeven in figuren 3.2 A/B/C. (zie pag. 19, 20 en 21).

Horizontaal is logaritmisch uitgezet de halveringstijd in jaren.

Verticaal is eveneens logaritmisch uitgezet de geïnventariseerde radiotoxiciteit in het afval, voor elke nuclide apart. Voor nucliden met een halveringstijd (ruim) groter dan honderd dagen (nuclidegroep III en IV) is de groeifactor over een periode van 10 jaar aangegeven met een verticale balk.

De uiteindelijke schattingen over hoeveelheden activiteit en toxiciteit zijn, onderverdeeld naar nuclidegroep en naar gebruikerscategorie, woorgegeven in tabel 3.3. (zie pag. 22)

Ook daar zijn de gegevens gegroepeerd in de eerder genoemde drie clusters.

(Opmerking: In de tabellen worden de gegevens vermeld in niet afgeronde getallen. Daarmee wordt geen overdreven nauwkeurigheid gesuggereerd. Afrondingen zou kunnen leiden tot verlies van informatie)

Een samenvattend overzicht van volume, activiteit en radiotoxiciteit in het afval per gebruikerscategorie is te zien in tabel 3.4. (zie pag. 23)

Voor de drie genoemde clusters wordt achtereenvolgens gegeven

- het totale volume dat jaarlijks via de erkende ophaaldienst wordt afgevoerd (uitgedrukt in m<sup>3</sup>).
- de schatting voor de geaccumuleerde radioactiviteitshoeveelheid in het afval bij een verzamelperiode van 1 jaar (uitgedrukt in curie).
- de schatting voor de geaccumuleerde radiotoxiciteit in 1 jaar, voor zover het de nucliden uit groep I t/m IV betreft, dus exclusief de ALFA-stralers (uitgedrukt in 1000 ALI-eenheden).
- de schatting voor de geaccumuleerde radiotoxiciteit in 1 jaar, van ALFA-stralers - nuclidegroep V - (uitgedrukt in 1000 ALI-eenheden)
- de schatting voor de geaccumuleerde radioactiviteitshoeveelheid over een verzamelperiode van 10 jaar (uitgedrukt in curie)
- de schatting voor de geaccumuleerde radiotoxiciteitshoeveelheid bij een verzamelperiode van 10 jaar - voor zover het de nucliden betreft uit groep I t/m IV - (uitgedrukt in ALI-eenheden)
- de schatting voor de geaccumuleerde radiotoxiciteitshoeveelheid van ALFA-stralers - groep V - bij een verzamelperiode van 10 jaar (uitgedrukt in 1000 ALI-eenheden)

Bij het sommeren van de verzamelde gegevens over alle gebruikerscategorieën tezamen dient men te bedenken dat de gegevens in de drie onderscheiden clusters betrekking hebben op verschillende (groepen van) afvalsoorten. Niettemin is in de laatste kolom van tabellen 3.3 en 3.4 een (afgeronde) optelling gemaakt. De bedoeling daarvan is om verdere beschouwingen over eventuele reductie van volume of activiteitshoeveelheden, toch oog te kunnen houden op de relatieve belangrijkheid per geval.

Tabel 3.1 HOEFTELLEN RADIOACTIVITEIT EN RADIOTOXICITEIT IN AFVAL, PER NUCLEIDE

(radioactiviteit uitgedrukt in millicurie)  
(radioxiciteit uitgedrukt in ALI-eenheden)

- betekent kleiner dan 0,1  
< betekent kleiner dan 1

Nuclide	T <sub>1/2</sub> (jaar)	groep	groeit in			cluster A			cluster B			cluster C		
			10 jaar	activiteit toxiciteit	activiteit toxiciteit	activiteit toxiciteit	activiteit toxiciteit	activiteit toxiciteit	activiteit toxiciteit	activiteit toxiciteit				
Am-241	433	V	10	30	5	25	18500	50	37000					
Au-195	0,501	III	1,33	30	5									
Bi-207	30	IV	9	-	-									
C-14	5736	IV	10	1200	500	1600	650	5	2					
Ca-45	0,4466	III	1,27	40	25	100	70							
Cd-109	1,241	III	2,3	6	23	2	7							
Cd-115m	0,12	II	1		40	120	430	8	30					
Ce-141	8,9.10 <sup>-2</sup>	II	1	60										
Ce-144	0,78	III	1,69		<	150	700	2	10					
Cl-36	3.10 <sup>5</sup>	IV	10	1		15	9							
Cm-244	18,1	V	8,3	100	20	1	250	<						
Cc-57	0,74	III	1,65	100		80	15							
Cc-58	0,195	II	1,03	-		250	190	15	10					
Cc-60	5,3	IV	6	20	90	17000	87000	1000	5000					
Cr-51	7,6.10 <sup>-2</sup>	II	1	180	6	130	5	25	1					
Cs-134	2,06	III	3,37	4	50	700	8500	90	1100					
Cs-137	30	IV	9	10	100	5000	47000	300	3000					
Eu-152	12,4	IV	7,9	<	<									
Eu-155	1,81	III	3,07	7	3	20	2	3	<					
Fe-55	2,7	III	4,08	20	2	90	100	20	25					
Fe-59	0,122	II	1	2	2	4	<							
Ga-67	8,9.10 <sup>-3</sup>	I	1	20	2									
Gd-153	0,663	III	1,54	20	4									
H-3	12,3	IV	7,86	34000	400	8000	100	320000	4000					
I-123	1,51.10 <sup>-3</sup>	I	1	50	20									
I-125	0,1644	II	1	750	28000	150	5500	1	30					
I-131	2,19.10 <sup>-2</sup>	II	1	270	10000	180	6500	<	6					
In-111	7,67.10 <sup>-3</sup>	I	1	3	<									
Ir-192	0,2	II	1	1	1	1	1	200	100					
Mn-54	0,855	III	1,8	1	0,6	1400	750							
Mc-99	7,53.10 <sup>-3</sup>	I	1	63	58									

Nuclide	T <sub>1/2</sub> (jaar)	groepe	groepe in		cluster A		cluster B		cluster C	
			10 jaar	activiteit toxiciteit	activiteit toxiciteit	activiteit toxiciteit	activiteit toxiciteit	activiteit toxiciteit		
Na-22	2,6	III	4	1	2	6	10	-	-	
Na-24	1,7.10 <sup>-3</sup>	I	1	1	<	<	<	<	<	
Nb-95	9,63.10 <sup>-2</sup>	II	1	1	<	<	<	<	<	
Ki-63	100	IV	9,7	1	<	2	<	<	<	
P-32	3,9.10 <sup>-2</sup>	II	1	150	270	6	10	2	10	
Pb-210	22	V	8,7	2	3500	-	-	-	-	
Po-208	2,9	V	4,27	-	<	<	?	90	170000	
Pc-210	0,3792	V	1,2	-	<	<	<	1500	900	
Pu-239	2,44.10 <sup>4</sup>	V	10	-	<	15	1500	900	170000	
Ra-226	1602	V	10	1	<	1	350	1500	900	
Rb-81	5,25.10 <sup>-4</sup>	I	1	15	<	-	-	-	-	
Rb-83	0,235	II	1,06	5	10	400	1700	400	1700	
Rb-84	0,0945	II	1	1	1	100	20	100	20	
Rb-86	5,12.10 <sup>-2</sup>	I	1	4	6	120	220	120	220	
Ru-103	0,1078	II	1	1	<	2	1	2	1	
Ru-106	1	III	2	300	60	400	1700	400	1700	
S-35	2,4.10 <sup>-1</sup>	II	1,06	1	2	100	20	100	20	
Sb-124	0,165	II	1,04	1	2	120	220	120	220	
Sb-125	2,73	III	4,13	1	1	2	1	2	1	
Sc-46	0,23	II	1,05	1	1	3	5	3	5	
Se-75	0,329	III	1,14	1	2	3	5	3	5	
Sm-151	87	IV	9,65	300	25	60	40	60	40	
Sn-113	0,3151	III	1,13	75	50	20	700	20	700	
Sr-90	28,5	IV	9	2	75	2300	850	2300	850	
Tc-99	2,1.10 <sup>5</sup>	IV	10	6	2	-	<	<	<	
Tc-99m	6.85.10 <sup>-4</sup>	I	1	300	4	-	<	<	<	
Th-228	1,9	V	3,2	-	-	-	<	<	<	
Th-232	1.4.10 <sup>10</sup>	V	10	60	4	-	<	<	<	
Tl-201	8,4.10 <sup>-3</sup>	I	1	1	4	70	5	70	5	
U-nat	4,5.10 <sup>9</sup>	V	10	10	10	10	1600	10	1400	
U-234	2,47.10 <sup>5</sup>	V	10	10	4	4	370	4	370	
U-235	7,1.10 <sup>8</sup>	V	10	10	1	1	60	1	60	
U-238	4,5.10 <sup>9</sup>	V	10	10	7	7	500	7	250	
Y-48	0,044	II	1	1	<	<	<	<	<	
W-187	0,0027	I	1	10	5	2	1	2	1	
Y-87	9,167.10 <sup>-3</sup>	I	1	1	2	120	450	120	450	
Y-90	7,3.10 <sup>-3</sup>	I	1	1	10	120	450	120	450	
Zn-65	0,6685	III	1,55	3	10	120	450	120	450	

Fig. 3.2.A.

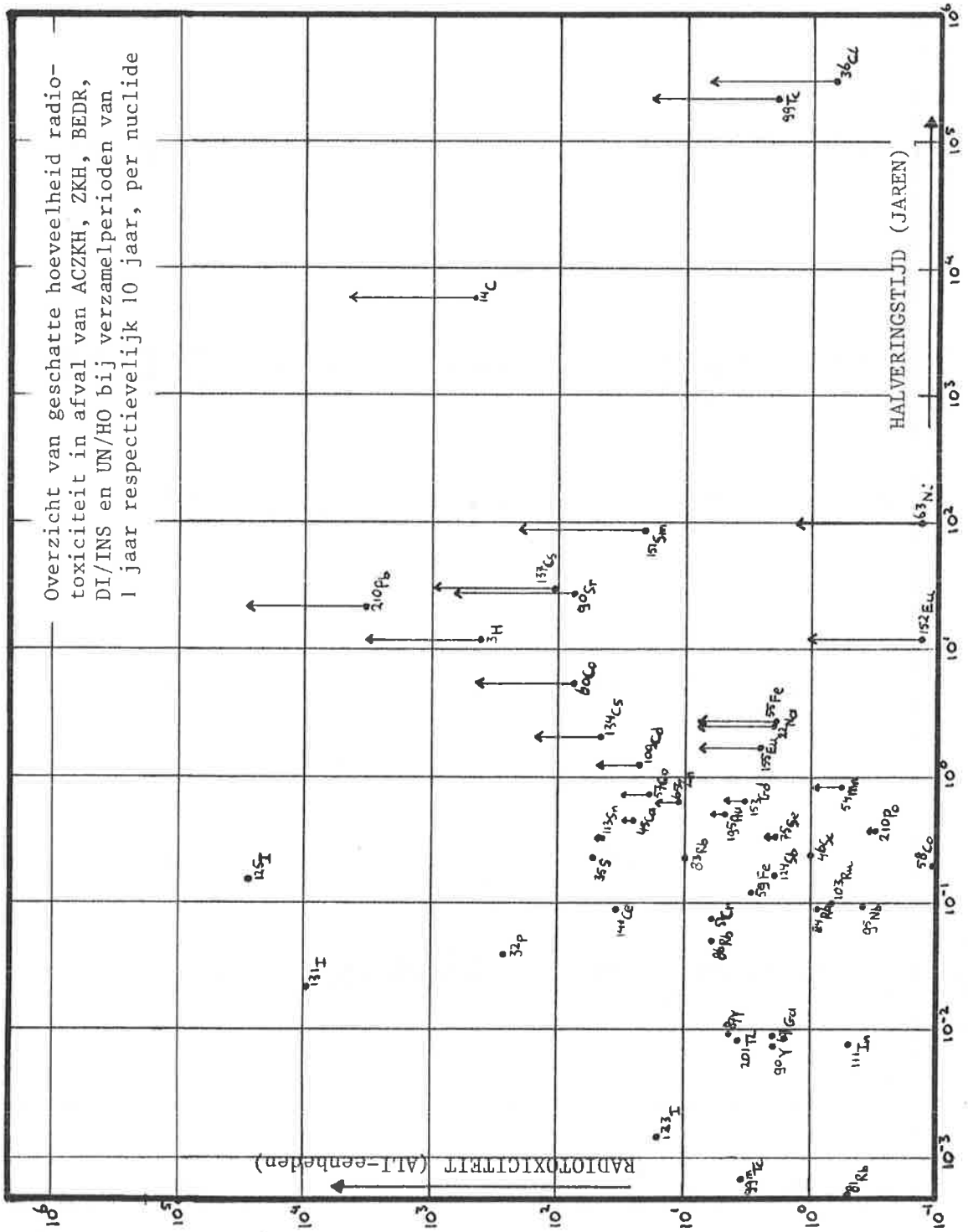


Fig. 3.2.B.

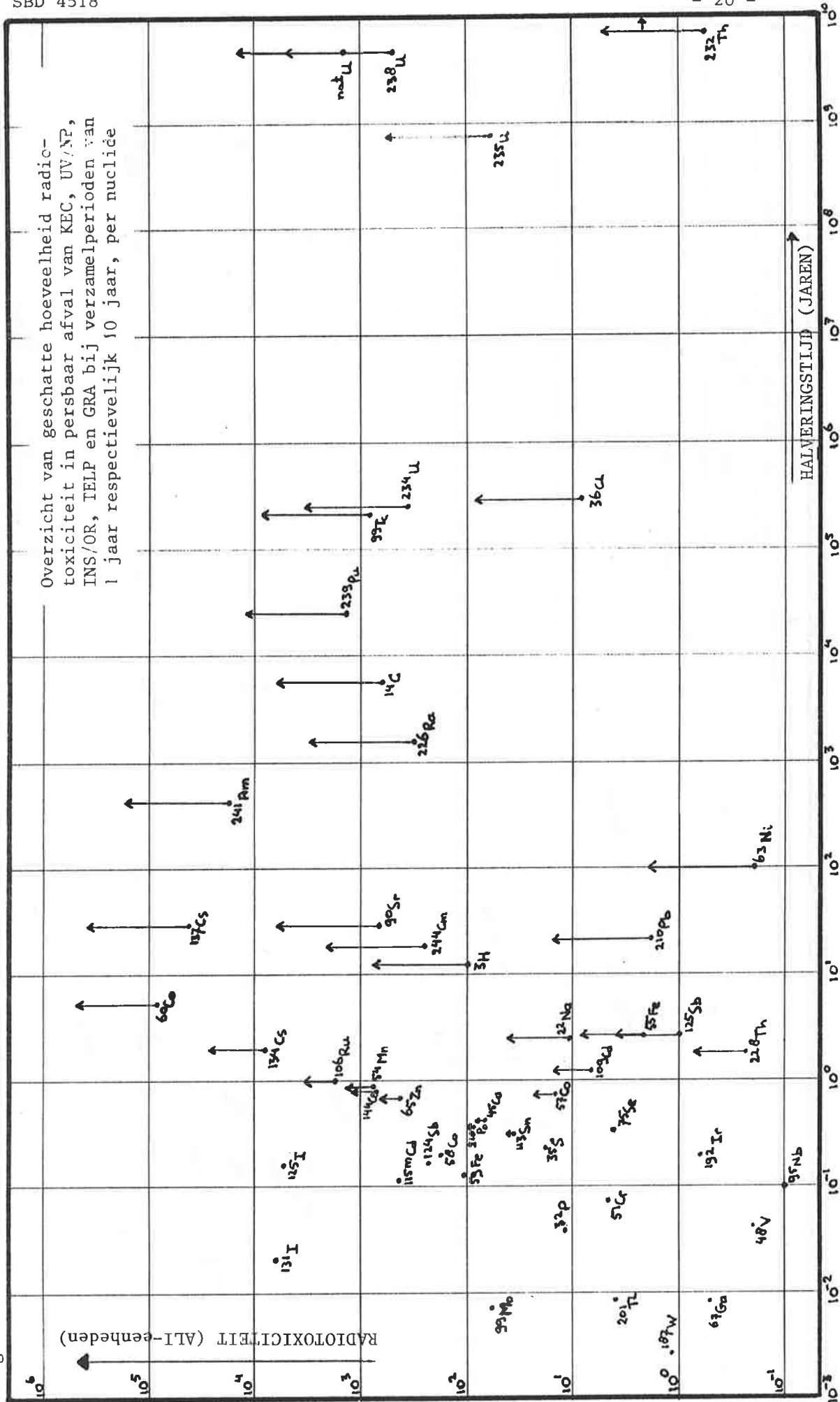
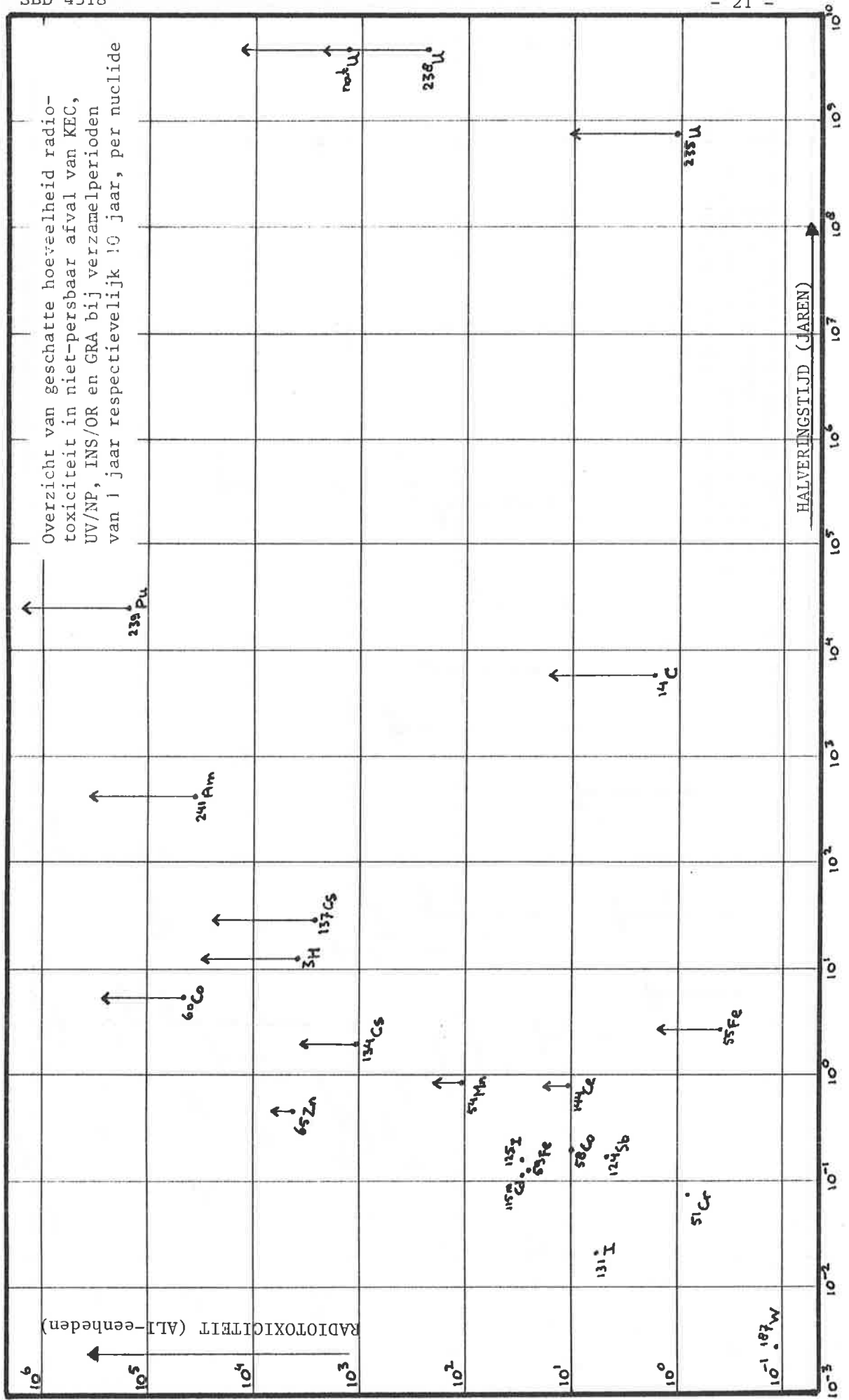


Fig. 3.2.C.





TABEL 3.3. ACTIVITEIT EN TOXICITEIT IN AFVAL NA VERZAMELPERIODEN VAN  
1 JAAR RESP. 10 JAAR - PER NUCLEIDEGROEP, PER GEBRUIKERS-  
CATEGORIE -  
(activiteit uitgedrukt in millicurie)  
(toxiciteit uitgedrukt in AII-eenheden)

	CLUSTER A			UN/HO	TELF	KEC	CLUSTER B			CLUSTER C			TOTAAL	
	ACZKH	ZKH	BEDR				DI/INS	UV/NP	INS/OR	GRA	KEC	UV/NP		INS/OR
<b>Nucleidegroep I</b>														
activiteit per 1 jaar	83	273	2	0,3	83	0,6	---	132	2,2	---	---	0,3	---	500
activiteit per 10 jaar	33	273	2	0,3	83	0,6	---	132	2,2	---	---	0,3	---	500
toxiciteit per 1 jaar	7	8	0,02	0,4	24	0,3	---	63	1,2	---	---	0,1	---	100
toxiciteit per 10 jaar	7	8	0,02	0,4	24	0,3	---	63	1,2	---	---	0,1	---	100
<b>Nucleidegroep II</b>														
activiteit per 1 jaar	478	341	69	333	446	230	305	205	341	41	6	41	20	3.000
activiteit per 10 jaar	483	360	69	339	456	236	310	205	344	41	7	41	21	3.000
toxiciteit per 1 jaar	15200	10589	212	5884	5775	4125	354	7336	660	250	7	59	40	50.000
toxiciteit per 10 jaar	15340	10677	213	5959	5777	4180	358	7336	662	252	8	59	40	50.000
<b>Nucleidegroep III</b>														
activiteit per 1 jaar	60	78	44	2	115	162	991	---	1400	451	18	1151	39	276
activiteit per 10 jaar	116	114	55	4	208	290	2445	---	2688	1004	48	1783	71	616
toxiciteit per 1 jaar	26	64	26	6	63	57	5694	---	4449	2406	122	4258	36	1176
toxiciteit per 10 jaar	59	155	31	12	120	85	18098	---	10007	7162	402	6599	80	3584
<b>Nucleidegroep IV</b>														
activiteit per 1 jaar	2379	185	25000	1546	5838	2855	18644	2293	7906	1055	356	---	316346	481
activiteit per 10 jaar	18785	1439	196900	12710	47167	25380	121712	22800	60302	8528	2288	---	2486632	3358
toxiciteit per 1 jaar	45	21	721	71	345	610	112900	1173	9549	5615	2100	---	6200	2925
toxiciteit per 10 jaar	368	129	6283	682	3145	6000	785912	11044	66808	45588	14088	---	47318	21362
<b>Totaal I t/m IV</b>														
activiteit per 1 jaar	3000	875	25115	1881	6482	3248	19940	2650	9649	1547	380	1151	316346	777
activiteit per 10 jaar	19467	2186	197020	13053	47919	25907	124467	23137	63336	9573	2343	1783	2486744	3995
toxiciteit per 1 jaar	15278	10682	959	5961	6207	4792	118948	8572	14659	8271	2229	4258	6295	4141
toxiciteit per 10 jaar	15774	10969	6527	6653	9066	10265	804368	18443	77478	53002	14498	6599	47457	24986
<b>Nucleidegroep V</b>														
activiteit per 1 jaar	---	---	---	1,8	---	---	---	9	42	6	---	11	871	66
activiteit per 10 jaar	---	---	---	15,8	---	---	---	93	420	58	---	111	8710	662
toxiciteit per 1 jaar	---	---	---	3300	---	---	---	1296	19414	2657	---	1589	161136	39983
toxiciteit per 10 jaar	---	---	---	29200	---	---	---	12960	194140	26570	---	15894	1611364	399827

TABEL 3.4. SAMENVATTING VAN VOLUME, RADIOACTIVITEIT EN RADIOTOXICITEIT  
 IN AFVAL PER GEBRUIKSCATEGORIE  
 (Volume in m<sup>3</sup>)  
 (Activiteit in curie)  
 (Toxiciteit in 1000 Ali-eenheden)

	CLUSTER A			CLUSTER B			CLUSTER C			TOTAAL					
	ACZKH	ZKH	BEDR	DI/INS	UN/HO	TELP	KEC	UV/NP	INS/OR		GRA				
jaarlijks via ophaal- dienst afgevoerd volume	93	72	36	53	129	150	125	90	118	50	6	14	4	12	~1000
radioactiviteit per 1 jaar	3	1	25	2	6	3	20	3	10	2	1	1	316	1	~400
radioactiviteit per 1 jaar nuclidegroep I t/m IV	15	11	1	6	6	5	119	9	15	8	2	4	6	4	~200
radioactiviteit per 1 jaar nuclidegroep V	--	--	--	3	--	--	--	1	20	3	--	2	161	40	~200
radioactiviteit per 10 jaar	20	2	197	13	48	26	125	23	63	10	2	2	2487	4	~3000
radioactiviteit per 10 jaar nuclidegroep I t/m IV	16	11	7	7	9	10	804	18	77	53	15	7	47	25	~1000
radioactiviteit per 10 jaar nuclidegroep V	--	--	--	29	--	--	--	13	194	27	--	16	1610	400	~2000

#### 4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Geconcludeerd wordt dat in de huidige praktijk een grotere hoeveelheid afval als "radioactief afval" wordt aangemerkt dan op grond van de huidige normstelling noodzakelijk is.

Een verhoudingsgewijs aanzienlijke volumereductie lijkt haalbaar door meer gebruik te maken van de mogelijkheid om afval langs conventionele weg af te voeren.

Eenzijds kan het in dit verband effectief zijn om onderscheid te maken naar de halveringstijd van nucliden met het oog op het door fysisch verval laten "versterven" van de radioactiviteit tot beneden de wettelijk gestelde grenzen.

Anderzijds kan met gebruik van geschikt meetapparatuur beter worden beoordeeld of -en eventueel wanneer- men te maken heeft met "radioactief afval" dan wel met "vrijgesteld afval".

Met onderscheid naar halveringstijd wordt nadrukkelijk bedoeld het uit elkaar houden van nuclidegroepen. Het gescheiden houden van de hier gehanteerde nuclidegroepen I en II van de rest is vooral gebaseerd op het doelmatig gebruik maken van de mogelijkheid de activiteit in het afval te laten versterven. Het apart houden van nucliden van groep V is vooral bedoeld om te voorkomen dat een relatief grote hoeveelheid radiotoxiciteit onnodig over een groter volume wordt verspreid.

Slechts in uitzonderingsgevallen is het doelmatig om onderscheid te maken per nuclide. Het gaat dan om hoeveelheden langlevende radionucliden met verhoudingsgewijs geringe radiotoxiciteit zoals H-3 en mogelijk C-14.

#### Volume reductie

Uit het voorgaande blijkt dat ruim de helft van het afvalvolume dat via de erkende ophaaldienst wordt afgevoerd, afkomstig is van het laboratoriumgebruik van open radioactieve stoffen.

De hoeveelheid radioactiviteit hierin wordt geschat op ca. 20 % van het totaal. Hierbij is de apart beschouwde hoeveelheid - ca. 320 curie - aan Tritium in targets en grote bronnen niet meegerekend.

Te concluderen valt dat volumereductie eerstens zou moeten worden gezocht binnen de sfeer van de laboratoriumtoepassingen. Immers zowel qua activiteit als qua toxiciteit geldt dat de hoeveelheid per volume-eenheid in het afval dat bij dergelijke toepassingen ontstaat, aanzienlijk kleiner is dan bij de andere gebruikerscategorieën. Het betreft in het bijzonder het onderzoekswerk en de medische toepassingen. Dezelfde conclusie blijkt ook te gelden voor een belangrijk deel van het afval dat afkomstig is uit de sfeer van de nuclideproductie.

Om een meer quantitative inschatting van de volumereductie mogelijk te maken is voor de verschillende toepassingsgebieden een nadere analyse gemaakt van de onderlinge samenhang tussen afvalvolume en de hoeveelheden radioactiviteit en radiotoxiciteit voor de verschillende nuclidegroepen. Daarbij is ook onderscheid gemaakt naar gebruikerscategorie. De detailgegevens die bij deze analyse werden gebruikt, zijn te vinden in deelrapport SBD 4424.

Naar schatting is er als gevolg van de laboratoriumtoepassingen sprake van ongeveer 500 m<sup>3</sup> afval met nucliden uit groep I en II, dat naar tussentijdse opslag gaat. (vrijgestelde stroom en via de erkende ophaaldienst afgevoerde stroom tezamen). Het blijkt dat ongeveer 160 m<sup>3</sup> hiervan toch jaarlijks via de erkende ophaaldienst wordt afgevoerd. Aangenomen mag worden dat hierin hoofdzakelijk nucliden uit groep II aanwezig zijn.

In de ca. 200 m<sup>3</sup> afval met nucliden van groep I is bij een homogeen veronderstelde verdeling, de gemiddelde activiteitsconcentratie naar schatting 3000 x groter dan de vrijstellingsgrens van 2 nancurie per gram. (Verondersteld is een soortelijke massa van 0,2 gram per cm<sup>3</sup>) Bij de gevonden nuclidesamenstelling is een wachttijd van ca. 50 dagen nodig om te bereiken dat de (gemiddelde) activiteitsconcentratie beneden deze vrijstellingsnorm daalt.

De hoeveelheid afval met nucliden van groep II wordt in deze benadering geschat op ca. 300 m<sup>3</sup> per jaar. Bij een geschatte totaalactiviteit van ca. 20 curie komt dit neer op een factor 100 à 200 boven de vrijstellingsnorm. Rekeninghoudend met de gevonden nuclidesamenstelling zou een wachttijd van 1 à 2 jaar nodig zijn om dit deel van het afval te laten versterven tot beneden de vrijstellingsgrens.

Opgemerkt moet worden dat de hier gehanteerde halveringstijd van 100 dagen als grens tussen nuclidegroep II en III niet al te exact is bepaald. Essentieel is wel dat de grens ligt bij een halveringstijd groter dan de 60 dagen van de nuclide I-125. Het aantal nucliden met halveringstijd tussen de 60 en 100 dagen is gering. Bovendien is de geïnventariseerde activiteit van die nucliden verhoudingsgewijs zeer klein.

Een voorzichtige conclusie is dat een volume aan vast afval van ca. 200 m<sup>3</sup> met nucliden uit groep II buiten de stroom afval naar de erkende ophaaldienst zou kunnen blijven. Daarvoor is dan tenminste nodig dat de gebruiker beschikt over adequate apparatuur om te controleren op de aanwezigheid van andere (langerlevende) nucliden. Bovendien dient de gebruiker te beschikken over voldoende opslagcapaciteit of moet op andere wijze opslag mogelijk zijn om het afval zonodig voor een periode van 1 à 2 jaar te laten versterven.

Het afval met nucliden uit groep III zal wanneer het gescheiden kon worden verzameld een volume hebben van ongeveer 40 m<sup>3</sup>. De activiteit wordt geschat op ongeveer 0,5 curie, zodat gemiddeld genomen de concentratie een factor 20 boven de vrijstellingsnorm ligt. Er zou een versterftijd van ongeveer 12 jaar nodig zijn. De verzamelde hoeveelheid activiteit zou dan worden teruggebracht tot enkele tientallen millicurie in de jaarlijkse verzamelde hoeveelheid.

Voor nucliden uit groep IV heeft het hanteren van een dergelijke versterfperiode geen praktische betekenis. Dit wordt toegelicht aan de hand van de volgende beschouwingen over H-3 en C-14.

Het H-3 houdend afval ligt naar schatting gemiddeld genomen een factor 500 à 1000 boven het niveau van de vrijstellingsnorm. Het betreft in totaal ca. 35 curie met een geschat eigen volume van ongeveer 150 m<sup>3</sup>. Er zou een versterftijd van 120 jaar nodig zijn om de activiteitsinhoud van dit afval te reduceren tot (gemiddeld) de vrijstellingsnorm.

Een nadere analyse voor wat betreft C-14 heeft geleerd dat over het totaal genomen de activiteitsconcentratie ongeveer een factor 30 à 50 groter is dan de vrijstellingsnorm. Het gaat om totaal 1 à 2 curie C-14 in een eigen volume van ca. 70 m<sup>3</sup>.

Een voorzichtige schatting leidt tot de conclusie dat er in totaal jaarlijks sprake is van om en nabij 250 à 300 m<sup>3</sup> afval met H-3 en C-14, waarvan globaal ongeveer 100 m<sup>3</sup> in de vorm van telpotjes. In feite zit de activiteit in naar schatting 10 m<sup>3</sup> telvloestof. Voor de grote hoeveelheid lege telpotjes mag worden aangenomen dat de gemiddelde activiteitsconcentratie beneden de vrijstellingsgrens ligt. Het is duidelijk dat de activiteitsconcentratie van H-3 nauwelijks en van C-14 niet door wachten kan worden gereduceerd.

Afval met in hoofdzaak of nagenoeg alleen nucliden uit groep I en II is vooral afkomstig van de medische toepassingen (ACZKH en ZKH) en uit de sfeer van de betreffende nuclideproductie (NP).

Bij nuclideproductie gaat het om ongeveer 70 m<sup>3</sup>.

De verwachting is dat binnen deze gebruikerscategorieën en een doelmatige beperking van de volumestroom mogelijk is door nucliden van groep I en II gescheiden te houden van de overige nucliden. Bij enkele universiteiten/Hogescholen is deze benaderingswijze al effectief.

Uit het door Canberra/Positronika uitgevoerde onderzoek (zie hoofdstuk 5) blijkt dat door meting kan worden verzekerd dat geen ontoelaatbare hoeveelheden langerlevende nucliden in het afval aanwezig zijn (mits het daarbij niet gaat om H-3, C-14 of pure beta-stralers).

Voor wat betreft toepassingen in de gezondheidszorg kunnen dergelijke controlemetingen worden toegespitst op de aanwezigheid van I-125 en I-131 in het afval.

De vaststelling dat ca. 25 % van de in 1 jaar geaccumuleerde hoeveelheden radiotoxiciteit in het afval afkomstig is van de beide Jodiumisotopen I-125 en I-131 benadrukt de wenselijkheid om deze nucliden zoveel mogelijk gescheiden te houden van het afval met lang levende radioactieve stoffen. Immers gelet op de korte halveringstijd is er binnen het tijdsbestek van 1 à 2 jaar sprake van nagenoeg volledig radioactief verval. Ongeveer 70 % van dit jodiumhoudend afval is afkomstig van medische toepassingen. Het overige is afkomstig van laboratorium toepassingen en van de radionuclideproductie. Het is af te leiden dat het hier binnen de ziekenhuiswereld een afvalvolume van ca. 150 m<sup>3</sup> betreft. Bij het onderzoekswerk gaat het om totaal ca. 50 m<sup>3</sup> en in de sfeer van de nuclideproductie om ca. 20 m<sup>3</sup>.

Nogmaals wordt gesteld dat volumereductie vooral mogelijk lijkt bij het afval dat afkomstig is van laboratoriumonderzoek, medische toepassingen en de nuclideproductie van open radioactieve stoffen. Om een dergelijke reductie doelmatig te kunnen doervoeren is het nodig:

- het H-3 en C-14 houdende afval op de werkplek gescheiden te houden van het overige afval. Nadat vermenging heeft plaatsgevonden met ander afval is scheiding niet meer mogelijk omdat de bestaande meettechnieken op dit punt te kort schieten.

- op locatieniveau een scheiding door te voeren op basis van een halveringstijd van ongeveer 10 dagen (uitgezonderd grote activiteitshoeveelheden I-131). Hierdoor wordt bereikt dat niet onnodig een groter volume voor een langere versterftijd zou moeten bewaard dan strikt nodig is uit het oogpunt van de korte halveringstijden binnen nuclidegroep I;

- zoveel als mogelijk op locatie te zorgen dat afval niet onnodig wordt "verontreinigd" met nucliden uit groep III, IV en V. Immers voor dat afval staat bijvoorbeeld vast dat de mogelijkheid om het vrijgesteld af te voeren slechts aanwezig zal zijn in die situaties waarin met extreem kleine activiteit (concentraties) wordt omgegaan.

#### normstelling

De voorgaande beschouwingen over het gewenste onderscheid naar nuclidegroep in het afval en daarmee samenhangend de schattingen voor de noodzakelijke wachttijden zijn gebaseerd op de huidige normstelling.

Door het inbouwen van voldoende lange versterftijden kan voor kortlevende nucliden worden bereikt dat de activiteit per massahoeveelheid door verval daalt beneden de wettelijk vastgestelde grenswaarde, waarboven afval moet worden afgevoerd via de erkende ophaaldienst. Voor een niet onaanzienlijk deel van het afval met deze nucliden van groep I en II kan zodoende worden bereikt dat het afval "vrijgesteld" kan worden afgevoerd langs conventionele weg.

Het lijkt gewenst in dit verband tenminste een aantal kanttekeningen te plaatsen.

De eerste kanttekening betreft het feit dat de normstelling van 2 nanocurie per gram geen rekening houdt met het onderling vaak zeer grote verschillen in radiotoxiciteit voor de verschillende nucliden. Als voorbeeld geldt de navolgende vergelijking voor een viertal nucliden die zoals gebleken is, de huidige inventaris van het afval in aanzienlijke mate bepalen. Het betreft H-3, C-14, I-125 en I-131.

De radiotoxiciteit per eenheid van radioactiviteit is voor de beide jodium-isotopen een factor 3000 groter dan voor H-3 en factor 100 groter dan voor C-14.

Berekend kan worden dat voor de beide jodium-isotopen het afval aan de huidige vrijstellingsnorm voldoet wanneer het minder dan 15 ALI-eenheden per m<sup>3</sup> bevat (aangenomen is een soortelijke massa van 0,2 gram per cm<sup>3</sup>). Voor de nuclide H-3 komt het echter neer op 0,005 ALI per m<sup>3</sup> en voor C-14 correspondeert de huidige norm met 0,16 ALI per m<sup>3</sup>.

Uit het onderzoek is bekend dat de activiteitsconcentratie voor H-3 en C-14 welliswaar ruim ligt boven het niveau van de vrijstellingsgrens doch dat de totale hoeveelheid radiotoxiciteit in het jaarlijkse afval in de orde ligt van 400 à 500 ALI-eenheden voor elk van de beide nucliden. We stellen vast dat de geschatte hoeveelheid H-3 en C-14 in het afval ten gevolge van laboratoriumtoepassingen qua radiotoxiciteit tezamen minder is dan 1 % van de totale radiotoxiciteitshoeveelheid aan overige nucliden van groep IV in het jaarlijkse afval. Echter de volume-omvang van het H-3 en C-14 afval (ca. 250 à 300 m<sup>3</sup>) ligt in de orde van 25 % van de totale hoeveelheid afval die via de erkende ophaaldienst jaarlijks wordt afgevoerd.

Aanbevolen wordt om na te gaan in hoeverre door geschikte vorm van nabewerking van het verzamelde afval kan worden bereikt dat het volume van dit afval wordt gereduceerd. Deze aanbeveling berust vooral op de overweging dat er verhoudingsgewijs weinig radiotoxiciteit in een relatief groot volume aanwezig is.

Een andere kanttekening betreft het feit dat het getalscriterium van 2 nanocurie per gram in de huidige wetgeving niet is gebaseerd op stralingshygiëne-overwegingen. Het getal zou zelfs enigszins arbitrair kunnen worden genoemd. Bij laagtoxische stoffen leiden dergelijke activiteitsconcentraties zeker niet tot onaanvaardbare situaties. Verder worden geen grenzen gesteld aan de totale hoeveelheid radioactiviteit die vrijgesteld zou mogen worden afgevoerd. Op dit punt is er sprake van een essentieel verschil met de normstelling zoals die geldt voor lozing van radioactieve stoffen op het oppervlaktewater. Daarbij wordt behalve een bovengrens voor de activiteitsconcentratie ook een beperking gesteld aan de maximaal per periode van 4 weken te lozen totale hoeveelheid radioactiviteit.

Wanneer we ervan uitgaan dat een normstelling gebaseerd zou moeten zijn op risico-overwegingen, ligt het voor de hand om rekening houdend met de geïnventariseerde samenstelling van het afval en de grote onderlinge verschillen in radiotoxiciteit, na te gaan of bij het vastleggen van grenswaarden voor vrijgesteld af te voeren afval rekening zou kunnen/moeten worden gehouden met de radiotoxiciteit van de nucliden. Ook verdient het aanbeveling na te gaan in hoeverre begrenzingen zouden moeten gelden voor de totale hoeveelheid radioactiviteit c.q. radiotoxiciteit die in de vorm van vrijgesteld afval langs conventionele weg kan worden afgevoerd.

Tot slot stellen we vast dat het getalscriterium dat in de huidige wetgeving is vastgelegd als grenswaarde voor het verplicht afvoeren via de erkende ophaaldienst niet altijd eenduidig wordt geïnterpreteerd. In dit verband wordt opgemerkt dat het in de praktijk voorkomt dat de afvalverwerkende instanties strengere eigen interpretaties geven aan de in het kader van de wetgeving genoemde grenswaarde van 2 nanocurie per gram. Soms zelfs worden lagere grenswaarden gesteld.

In het belang van de praktische hanteerbaarheid van de huidige normen (en zonder vermindering van de kwaliteit van de stralingshygiëne) wordt de volgende interpretatie aanbevolen.

"Wanneer door meting of berekening kan worden verzekerd dat de activiteit in een beperkte hoeveelheid afval minder is dan  $1/10$  à  $2/10$  deel van de totale activiteit die overeen komt met een homogene verdeling van 2 nanocurie per gram, kan dat afval als vrijgesteld worden beschouwd. Wanneer de totale activiteit in een afvalzak groter is dan  $1/10$  à  $2/10$  doch kleiner dan één maal de massa-activiteitslimiet zou moeten gelden dat door meting wordt verzekerd dat de activiteit voldoende homogeen over het afval is verdeeld".

Deze interpretatie komt erop neer dat inhomogene verdeling van radioactiviteit binnen een beperkt afvalvolume toelaatbaar wordt geacht zolang de totale activiteit daarvan minder is dan  $1/10$  à  $2/10$  van de massa-activiteitslimiet.

Onder een beperkt volume zou er in dit verband kunnen worden gedacht aan hoeveelheden in de orde van 10 à 20 liter.

## 5. HAALBAARHEID VAN METINGEN

In de praktijk ontbreekt de meetapparatuur waarmee routinematig kan worden vastgesteld of de activiteitsconcentratie in afval al dan niet de grenswaarden overschrijdt waarboven het afval via de erkende ophaaldienst moet worden afgevoerd.

Door Canberra/Positronika BV te Eindhoven werd in samenhang met het onderzoek van de Stralingsbeschermingsdienst THE onderzoek verricht ter uitwerking van meetvoorstellen voor de selectie en etikettering van afval dat radioactieve stoffen bevat of kan bevatten.

### meetvoorstellen

De eisen die aan een dergelijk meetsysteem worden gesteld zijn:

- activiteitsmetingen moeten kunnen worden verricht met een behoorlijke nauwkeurigheid en een goede reproduceerbaarheid,
- de metingen moeten in een tijd van ten hoogste ca. 10 minuten kunnen worden uitgevoerd,
- de meetapparatuur moet geschikt zijn voor volumehoeveelheden van ca. 5 à 20 liter,
- Bij activiteitsmetingen moet een onderste detectiegrens haalbaar zijn die overeen komt met een fractie van de geldende vrijstellingsnorm van 2 nanocurie per gram,
- met de apparatuur moet de significante inhomogene verdelingen van activiteit (hot-spots) kunnen worden gemeten.

Zo mogelijk zou de apparatuur ook aan de volgende eisen moeten voldoen:

- de ingebouwde mogelijkheid tot gebruikers-onafhankelijke calibratie van de apparatuur,
- de apparatuur moet voorzien zijn van automatische uitvoer van gegevens die eventueel te combineren is met het voeren van administratie,
- de apparatuur zou een geschikte uitvoer mogelijkheid moeten hebben i.v.m. eventuele uniforme etikettering van afval.

De methodische aanpak van het onderzoek en de beschrijving van de gebruikte meetopstelling zijn beschreven in het betreffende rapport: "Meetvoorstellen voor de selectie en etikettering van radioactief besmet afval".

De metingen waren toegespitst op een tweetal soorten bepalingen nl.:

- het bepalen van meetgrenzen en meetnauwkeurigheden van activiteit per radionuclide in geval van (nagenceg) homogeen binnen het totaalvolume verdeelde radioactiviteit.
- het bepalen van de meetbaarheid van inhomogene activiteitsverdelingen (hot-spots)

De metingen werden in eerste aanleg uitgevoerd met de Jodiumisotopen J-125 en I-131 omdat:

- de beide Jodiumisotopen in de praktijk in belangrijke mate bepalend zijn voor het afval dat afkomstig is uit de toepassingen in de gezondheidszorg;
- de meettechnische problematiek zowel kwantitatief als kwalitatief bij de detectie van I-125 aanzienlijk groter is dan voor alle overige gamma-emitters.



Rekening houdend met de in de praktijk voorkomende afvalhoeveelheden, werd voor de metingen de keus bepaald op afmetingen van 5, 10 en 20 liter. Bij elk volume werden metingen gedaan bij soortelijke massa's van 0,1, 0,2 en 0,4 gram per cm<sup>3</sup>.

De waarde van 0,1 gram per cm<sup>3</sup> komt overeen met de praktijksituatie van niet al te zeer samengeperst papierafval. De waarde van 0,4 gram per cm<sup>3</sup> is genomen als maat voor stevig geperst laboratoriumafval waarin ook (lokaal) stoffen met grotere soortelijke massa's kunnen voorkomen.

Als resultaat van het onderzoek worden voorstellen gedaan voor meetapparatuur in een drietal verschillende configuraties, elk toegespitst op een van de volgende praktijksituaties:

-Meetsysteem I, bedoeld voor afvalmetingen waar I-125 en eventueel I-131 als dominante nucliden aanwezig zijn; de aanwezigheid van andere nucliden wordt welliswaar gesignaleerd maar er is daarbij geen sprake van kwantitatieve meting of nuclideherkenning.

-Meetsysteem II, bedoeld voor afvalmetingen waarbij naast de beide Jodium-nucliden nog enkele andere vooraf bekende radionucliden aanwezig kunnen zijn; een beperkt aantal nucliden kan kwantitatief en kwalitatief worden gemeten.

-Meetsysteem III, bedoeld voor de onbekende situatie, waarin een verscheidenheid van radionucliden kan worden gemeten.

Volgens de conclusies van de onderzoeker voldoen de meetvoorstellen aan alle gestelde eisen.

Voor de onderste meetgrens bij (quasi) homogeen verdeelde activiteit in het afval wordt een waarde opgegeven die ligt in de orde van 0,3 à 3 % van de MAL, afhankelijk van de onderzochte volume/dichtheid-configuratie.

Over de meetbaarheid van "hot-spots" wordt geconcludeerd dat deze betrouwbaar kunnen worden vastgesteld wanneer de activiteit in de "hot-spots" groter is dan een fractie van ca. 0,2 maal van de massa-activiteitslimiet (MAL).

#### Toepasbaarheid

De ontwikkelde apparatuur is in de algemene zin geschikt om een selectie te kunnen maken tussen afval dat wel of niet als vrijgesteld afval langs conventionele weg kan worden verwijderd.

De technische uitvoering van de meetvoorstellen is van dien aard dat geen grote specifieke deskundigheid is vereist.

In praktijksituaties waar de nucliden uit groep I en II zoveel mogelijk gescheiden worden verzameld van overige nucliden, is de apparatuur verder toepasbaar om:

- controle metingen te doen op de aanwezigheid van nucliden van groep III en/of IV;
- vast te stellen welke versterftijden moeten worden aangehouden om de activiteit in het afval te laten vervallen tot beneden de MAL-waarde.

Voor de goede orde wordt opgemerkt dat de apparatuur niet bedoeld is en niet geschikt is voor het meten van pure betastralers.

Concluderend kan worden gezegd dat de voorgestelde meetaanpak vooral doelmatig kan worden gebruikt wanneer aan de normstelling die geldt voor het verplicht afvoeren van afval via de erkende ophaaldienst, een praktische interpretatie wordt gegeven in de geest zoals voorgesteld in het vorige hoofdstuk.

Ter vereenvoudiging van de calibratie is het aan te bevelen om bij toepassing van de aanbevelen interpretatie van de normstelling uit te gaan van een standaard volume/massa-configuratie. Daarbij ligt het voor de hand om te kiezen voor een niet al te klein volume met een verhoudingsgewijs lage waarde voor de soortelijke massa. Hierdoor zal in het geval van afwijkende volume/massa-configuraties alleen sprake kunnen zijn van een overschatting van de activiteitsinhoud.

Wanneer echter de vrijstellingsgrens zodanig zou worden geïnterpreteerd dat zelfs bij een totale activiteit in de gestandaardiseerde afvalzak minder dan een tiende van de massa activiteitslimiet, geen inhomogene verdelingen aanwezig mogen zijn dan is de hier geschetste meetaanpak niet mogelijk.

Op grond van de eerder genoemde resultaten van de inventariserende studie mag worden aangenomen dat toepassing van de voorgestelde meetapparatuur kan leiden tot een vermindering van het via de ophaaldienst afgevoerde volume en dus tot een toename van de volumestroom van het vrijgestelde afval.

Op grond van de veronderstelling dat alle activiteit in afval min of meer homogeen over het totaalvolume is verdeeld, werd eerder geschat dat het hier een volume betreft van ca. 200 m<sup>3</sup>.

Het is al eerder genoemd dat de feitelijke volumereductie ook afhankelijk zal zijn van de mate waarin de afvalverwerkende industrie bereid is om het vrijgestelde afval ook werkelijk als "niet radioactief afval" te aanvaarden.

BIJLAGE I

Samenstelling van de begeleidingscommissie

Dr. A.M.F. Op den Kamp (voorzitter)	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer Directie Straling
Dr. H.A. Selling (plv. voorzitter)	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer Directie Straling
Ing. C.M. Vos (secretaris)	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer Directie Straling
Dr. P.J. van der Jagt	Vrije Universiteit Amsterdam Dienst voor Veiligheid en Milieu
J.C. Abrahamse	N.V. Provinciale Zeeuwse Elektriciteits- maatschappij/Kerncentrale Borssele
Drs. A.H.L. Aalbers	Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en Milieuhygiëne, laboratorium voor Stralingsonderzoek
Ir. G. van der Lugt	N.V. KEMA, Arnhem Divisie Onderzoek en Ontwikkeling
Ing. J.G.J. van Winsen	Ministerie van Sociale Zaken en Werkgele- genheid, Directoraat-Generaal van de Arbeid, Kernfysische Dienst

