

NATIONALE RADIOACTIEF AFVAL INVENTARISATIE

Auteurs: Elise Burggraaff, Jeroen Welbergen, Ewoud Verhoef

Datum: Oktober 2022



Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	4
1.1 Aanleiding en achtergrond.....	4
1.2 Doelstelling en scope.....	4
1.3 Radioactief afvalbeleid.....	5
1.4 Leeswijzer.....	6

2. Werkwijze.....	7
2.1 Uitgangspunten.....	7
2.2 Indeling in sectoren.....	8
2.3 Opzet en methodologie.....	8

3. Radioactief afval.....	10
3.1 Herkomst.....	10
3.2 Soorten.....	10
3.2.1 Hoogradioactief afval (HRA).....	11
3.2.2 Laag- en middelradioactief afval (LMRA).....	11
3.2.3 Natuurlijke Radioactieve Materialen (NORM-afval).....	11
3.2.4 Kortlevend afval.....	11
3.2.5 Vrijgesteld afval.....	11
3.3 Verwerking.....	11
3.3.1 Hergebruik.....	12
3.3.2 Storten.....	12
3.3.3 COVRA.....	12
3.3.4 Divers.....	12

4. Hoeveelheden.....	15
4.1 Huidige hoeveelheid radioactief afval.....	15
4.2 Productie en verwerking 2018-2020.....	15
4.3 Inventaris in 2030, 2050 en 2130.....	16
4.3.1 Eventuele toekomstige scenario's.....	16
4.3.2 Hoeveelheid HRA in 2030, 2050 en 2130.....	16
4.3.3 Hoeveelheid LMRA in 2030, 2050 en 2130.....	18
4.3.4 Hoeveelheid NORM-afval in 2030, 2050 en 2130.....	18
4.4 Eindberging.....	19
4.4.1 Hoeveelheid HRA in eindberging.....	19
4.4.2 Hoeveelheid LMRA in eindberging.....	19
4.4.3 NORM-afval in eindberging.....	20
4.5 Meest voorkomende radionucliden.....	20

5. Vergelijking met eerder opgestelde ramingen.....	21
5.1 HRA.....	21
5.2 LMRA.....	21
5.3 NORM.....	21

6. Conclusies en aanbevelingen.....	23
6.1 Hoeveelheden.....	23
6.2 Kennis en competenties.....	24

Bijlagen.....	25
Bijlage 1 Afkortingen.....	25
Bijlage 2 Leidraad interviews.....	25
Bijlage 3 Hoeveelheden HRA geconditioneerde vorm.....	26
Bijlage 4 Verdeling warmteproducerend HRA en niet-warmteproducerend HR.....	26

Referenties.....	27
-------------------------	-----------



1. Inleiding

1.1 Aanleiding en achtergrond

Op grond van de Europese radioactief afvalrichtlijn [1] is Nederland verplicht het radioactief afvalbeleid en de uitvoering daarvan vast te leggen in een nationaal programma voor het beheer van radioactief afval en verbruikte splijtstoffen (hierna: nationaal programma). In het nationaal programma wordt het beleid voor het beheer van radioactief afval beschreven van het ontstaan tot aan de beheeroptie(s) voor de zeer lange termijn.

Er zijn verschillende redenen waarom het huidige nationaal programma, dat is verschenen in 2016, nu een update nodig heeft. De hoofdreden is dat het nationaal programma in 2025 geactualiseerd bij de Europese Commissie ingediend moet worden. Dit moet voorzien zijn van een actuele inventaris van de hoeveelheid opgeslagen radioactief afval en informatie bevatten over de oorsprong en stromen van radioactief afval. Een andere reden is dat in 2018 de richtlijn 2013/59/Euratom [2] in de Nederlandse regelgeving is geïmplementeerd, waardoor voor een groot aantal radionucliden de grenswaarden voor vrijstelling en vrijgave zijn gewijzigd. Deze grenswaarden worden gebruikt om te toetsen of een afvalstof als radioactieve afvalstof moet worden beschouwd. Door wijziging van de grenswaarden in de richtlijn is de hoeveelheid radioactieve afvalstoffen in Nederland de afgelopen jaren gewijzigd.

Ten slotte moet Nederland, als deelnemer van het Gezamenlijk Verdrag inzake de veiligheid van het beheer van bestraalde splijtstof en inzake de veiligheid van het beheer van radioactief afval (Joint Convention verdrag) [3], elke drie jaar aan het Interna-

tionale Atoomagentschap (IAEA) rapporteren over het radioactief afvalbeleid, waarvoor de actuele informatie nodig is over het radioactieve afval in Nederland.

Aan het geactualiseerde nationale programma wordt nu gewerkt door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W). Het ministerie heeft het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) en de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA) opdracht gegeven gezamenlijk onderzoek te doen naar de radioactieve afvalstoffen in Nederland. COVRA is verzocht de huidige radioactief afvalinventaris op te stellen, met een doorkijk naar de toekomst. Dit is in het voor u liggende document uitgewerkt.

De inventaris dient als onderbouwing bij de uitwerking van het nationale programma. Het document maakt inzichtelijk hoeveel radioactief afval momenteel in Nederland ligt opgeslagen en hoeveel radioactief afval er verwacht wordt in de komende decennia. Tevens wordt er een vertaalslag gemaakt naar de hoeveelheden te bergen geconditioneerd radioactief afval in een eindberging.

1.2 Doelstelling en scope

De primaire doelstelling is het opstellen van een inventaris van het radioactief afval in Nederland. In het nationale programma moet concreet worden beschreven hoe het radioactief afval in Nederland veilig en verantwoord beheerd wordt. Daarvoor is een goed beeld van het huidige en toekomstige radioactief afval nodig. Het doel van de inventaris is een overzicht te geven van de hoeveelheden en

soorten, de verhouding van het radioactief afval tussen verschillende sectoren en een voorspelling te doen van de hoeveelheid radioactief afval in 2130. In de inventaris is niet alleen gekeken naar de bekende producenten (zoals grote Kernenergiewet-vergunninghouders), maar is ook geprobeerd inzicht te geven in mogelijke nieuwe bronnen die op enig moment 'radioactief afval' kunnen produceren.

De inventaris bevat:

- een overzicht van het radioactief afval en de verbruikte splijtstoffen die per 2020 zijn opgeslagen bij de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA);
- een prognose van de verwachte hoeveelheden radioactief afval en verbruikte splijtstoffen in 2030, 2050 en 2130;
- een onderscheid tussen regulier radioactief afval en radioactief afval dat voortkomt uit ontmanteling;
- een uitgewerkt scenario met een levensduurverlenging van de KCB en de mogelijke komst van de PALLAS-reactor en/of de SHINE-fabriek voor medische isotopen en twee nieuwe kerncentrales.

Het (natuurlijk) radioactief afval dat is gestort op de aangewezen deponieën en de opslag van radioactief afval een halfwaardetijd kleiner dan honderd dagen op locatie bij de producent worden niet meegenomen in de rapportage. Caribisch Nederland valt conform het nationaal programma buiten de scope van de afvalinventaris. De kernenergiewetgeving en het Euratomverdrag zijn daar niet van toepassing.

Artikel 4 van de Europese radioactief afvalrichtlijn [1] eist dat het nationale beleid voor radioactief afvalbeheer onder meer wordt gebaseerd op het uitgangspunt dat de productie van radioactief afval tot het praktisch haalbare minimum wordt beperkt. Dit betreft zowel de activiteit als het volume ervan. In de Nederlandse wetgeving is in artikel 10.2 lid 1 van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming de plicht opgenomen dat ondernemers er zorg voor moeten dragen dat het ontstaan van radioactieve afvalstoffen en het lozen van radioactieven stoffen zoveel mogelijk moet worden voorkomen of beperkt [4].

De productie van radioactief afval kan worden geminimaliseerd door verandering in bedrijfsvoering, andere aangepaste ontwerpmaatregelen, oog te hebben voor recycling en hergebruik van materialen, regulering en financiële prikkels. Dit is een van de beleidsuitgangspunten in het nationale programma. Om eventuele beleidsmaatregelen rond minimalisatie en hergebruik voor te bereiden is behoefte aan een beeld van de huidige radioactieve afvalstromen in Nederland. Het betreft informatie over de door bedrijven afgevoerde hoeveelheden radioactieve afvalstoffen, eventuele verwerkingsroutes en eindbestemmingen.

Naast de opdracht voor inventarisatie door COVRA heeft het ministerie van I&W het RIVM de opdracht gegeven om de huidige radioactieve afvalstromen in Nederland in kaart te brengen. Met het oog op het beleidsuitgangspunt 'preventie en minimalisatie' is het RIVM daarnaast verzocht de mogelijkheden tot verdere minimalisatie in beeld te brengen.

Het rapport van het RIVM bevat onder andere de volgende gegevens:

- een inventarisatie van (jaarlijks geproduceerde) radioactieve rest- en afvalstromen in Nederland, zowel kwalitatief als

kwantitatief;

- een verkenning van in de toekomst te voorziene ontwikkelingen in de productie van radioactieve rest- en afvalstoffen, met inbegrip van de afvalstoffen die ontstaan als gevolg van ontmanteling;
- een identificatie van mogelijkheden tot verdere minimalisatie van de productie van radioactieve afvalstoffen.

De onderzoeken van COVRA en het RIVM zijn uitgevoerd in de periode 2021-2022. De rapporten worden separaat gepubliceerd en zijn voorzien van een leeswijzer.

1.3. Radioactief afvalbeleid

Ioniserende straling is niet meer weg te denken uit de moderne samenleving. Radioactieve stoffen worden op veel plaatsen gebruikt, vanwege bijvoorbeeld hun therapeutische eigenschappen, of de mogelijkheden die ze bieden in het onderzoeken van materialen. Naast nuttig is ioniserende straling in potentie ook risicovol voor mens en milieu. Wanneer de radioactieve stoffen niet meer worden gebruikt, moeten ze veilig worden opgeruimd. Volgens de Nederlandse en Europese regelgeving ontstaat er 'radioactief afval' wanneer voor de radioactieve stof geen verder gebruik meer is voorzien en/of de stof door de overheid of de producent als radioactief afval wordt beschouwd. Het beheer van radioactief afval is aan strenge regels gebonden. Die regels zijn vastgelegd in de Kernenergiewet (Kew) en de daarvan afgeleide Besluiten en Ministeriële Regelingen. Het fundament van het Nederlandse beleid voor radioactief afval stamt uit 1984. Dit beleid staat anno 2022 nog steeds overeind. Er moet voorkomen worden dat radioactief afval ongecontroleerd in het leefmilieu terecht komt. Praktisch betekent dat: isoleren, beheersen en controleren.

De basis van de zorg voor radioactief afval is verval. Wanneer radioactieve stoffen straling uitzenden, verandert er iets in de opbouw van de atomen van die radioactieve stof. Uiteindelijk ontstaat een nieuw atoom dat geen straling meer kan uitzenden en dus niet meer radioactief is. De radioactieve stof is dan vervallen en levert geen radiologisch risico meer op. Radioactief afval moet dus worden verzameld (*isoleren*) en bewaard op een plek waar de straling geen kwaad kan, lang genoeg tot het radiologische risico verdwenen is. Hoelang dat duurt, verschilt per stof (radionuclide) van fracties van een seconde tot vele duizenden jaren. Veilig bewaren betekent dat mens en milieu worden beschermd tegen de schadelijke effecten van ioniserende straling (*beheersen*). Tenslotte wordt, zolang de veiligheid niet geborgd is door een passieve veilige insluiting, het afval voortdurend bewaakt door middel van metingen en controles (*controleren*). Op deze manier blijft het gegarandeerd veilig opgeslagen.

Het werken met radioactieve stoffen is in Nederland alleen toegestaan wanneer er wordt beschikt over een daartoe strekkende registratie of vergunning op grond van de Kew. De houder van de vergunning moet het radioactief afval dat daarbij ontstaat zo snel mogelijk overdragen aan COVRA in Nieuwdorp, Zeeland. Omdat in Nederland weinig radioactief afval wordt geproduceerd en omdat het specialistische zorg vraagt, is er gekozen voor één erkende organisatie voor vergunningsplichtig radioactief afval. Bovendien heeft een enkele organisatie ook om financiële redenen (kostenbesparing) de voorkeur. Vanwege de nutsfunctie is COVRA sinds 2002 volledig eigendom van de Nederlandse overheid.

Al het vergunningsplichtige radioactieve afval, of het nu afkomstig is van ziekenhuizen, onderzoekinstellingen, de industrie of een kerncentrale, gaat naar COVRA. Alleen registratieplichtig afval, specifiek vrijgegeven afval en een deel van de natuurlijke radioactieve (NORM) afvalstoffen vormen hierop een uitzondering. Sommige soorten specifiek vrijgegeven afval mogen onder voorwaarden worden verbrand in een afvalverbrandingsinstallatie, zeer laag radioactief afval (al dan niet specifiek vrijgegeven) mag worden gestort worden op aangewezen afvaldeponieën. Specifiek vrijgegeven NORM-materiaal kan eventueel ook onder voorwaarden worden gemengd met niet-radioactief materiaal, met oog op recycling en hergebruik.

Het radioactief afval bij COVRA wordt gedurende ten minste honderd jaar in speciale opslaggebouwen opgeslagen. Het bovengronds opslaan van radioactief afval bij COVRA is geen definitieve oplossing. Na honderd jaar is een groot deel van het afval nog radioactief. Dit afval moet veilig worden opgeborgen in diepe, stabiele, ondergrondse aardlagen. Dit wordt eindberging genoemd. Gedurende de periode van bovengrondse opslag wordt onderzoek uitgevoerd naar mogelijkheden voor eindberging in Nederland. Daarnaast worden de mogelijkheden van een oplossing in multinationale context verkend, zodat uiteindelijk een goed onderbouwde definitieve keuze gemaakt kan worden.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 1 legt uit waarom de inventaris is uitgevoerd. Hoofdstuk 2 vertelt hoe de inventaris is opgezet: de uitgangspunten, opzet en methodologie. Hoofdstuk 3 beschrijft wat radioactief afval is en geeft de herkomst, soorten en mogelijke verwerkingsroutes van radioactief afval. Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de hoeveelheden radioactief afval, de verwerking en geeft een prognose van de toekomstige inventaris. In hoofdstuk 5 wordt de inventaris vergeleken met de eerder opgestelde ramingen over deze gegevens. Hoofdstuk 6 trekt de conclusies en doet aanbevelingen voor een volgende inventaris.



2. Werkwijze

2.1 Uitgangspunten

Bij het maken van de inventaris zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd.

Algemeen

- In de inventaris wordt onderscheid gemaakt tussen drie soorten afval:
 - hoogradioactief afval (HRA);
 - laag- en middelradioactief afval (LMRA);
 - afval dat bestaat uit radioactieve materialen van natuurlijke oorsprong die doorgaans worden aangeduid met het acroniem NORM (Naturally Occurring Radioactive Material).
- De radioactief afvalproductie en -opslag bij de producent wordt geschat aan de hand van interviews en administratie van COVRA.
- Consistent met de rapportage van het RIVM wordt de jaarlijkse verwerking van radioactief afval gemiddeld over de periode 2018-2020.
- De uiteindelijk te bergen HRA-inventaris wordt opgesteld aan de hand van productiegegevens van de producent, het reeds bij COVRA opgeslagen afval en verwachte hoeveelheden afkomstig van ontmanteling. De splijtstof van de hoge flux reactor (HFR) en de Hoger Onderwijs Reactor (HOR) wordt direct opgeslagen, de splijtstof van de kerncentrale in Borssele (KCB) wordt opgewerkt en het afval wordt bij COVRA opgeslagen.

- De uiteindelijk te bergen LMRA- en NORM-inventaris wordt verkregen door lineaire extrapolatie van de huidige productie naar 2130 plus de verwachte hoeveelheden afkomstig van ontmanteling en het huidige afval in opslag bij COVRA en bij producenten.
- Het NORM-afval dat beschreven wordt in deze rapportage betreft enkel het NORM-afval dat opgeslagen ligt bij COVRA en dus niet het NORM-afval dat gestort wordt op de daar voor bestemde deponieën.
- Huidige verwijderings-, verwerkings- en hergebruikroutes voor NORM-materialen blijven in de periode tot 2130 bestaan.
- Het basisscenario houdt rekening met de volgende sluitingsmomenten. De hoge flux reactor (HFR) in Petten wordt in 2030 gesloten. De kerncentrale in Borssele (KCB) gaat in 2033 dicht. De Hoger Onderwijs Reactor (HOR) te Delft zal in 2050 worden gesloten. De uraniumverrijkingsfabriek in Almelo sluit in 2050.
- (Specifiek) vrijgegeven materiaal wordt niet aangemerkt als radioactief afval.

Scenario's

In deze rapportage zijn verschillende scenario's uitgewerkt met betrekking tot een schatting van de hoeveelheid HRA, LMRA en NORM tot en met 2130. Dit zijn de extra levensduurverlenging van de KCB van 10 jaar en de komst van PALLAS, SHINE en twee nieuwe kerncentrales. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De HFR wordt in 2030 direct opgevolgd door de PALLAS-reactor. De PALLAS-reactor is een één op één

- vervanging van de HFR met een levensduur van 70 jaar.
- Er is een scenario uitgewerkt met een extra levensduur verlenging van de KCB van 10 jaar tot 2044.
- In 2035 en 2040 zal de KCB (485 MW) worden opgevolgd door twee moderne kerncentrales met elk een vermogen van 1600 MW en een levensduur van 80 jaar. In het scenario wordt uitgegaan van de huidige methode van opslag waarbij de splijtstofelementen worden opgewerkt. Aanname is dat de hoeveelheden afval proportioneel zijn naar vermogen.
- De Amerikaanse onderneming SHINE heeft het voornemen om in Nederland een nieuwe installatie te bouwen voor de productie van medische isotopen [5]. Aangenomen is dat SHINE haar activiteiten start vanaf 2030 voor 30 jaar. De hoeveelheid radioactief afval wordt gebaseerd op gegevens van de soortgelijke productielocatie in Amerika [6].

2.2 Indeling in sectoren

Gezien het grote aantal Kew-vergunninghouders is het ondoenlijk om elk van deze (potentiële) aanbieders van radioactieve afvalstoffen te benaderen. Om tot een onderbouwde schatting van de huidige hoeveelheid radioactief afval en afvalproductie te komen zijn de afvalproducenten in samenspraak met het RIVM ingedeeld in sectoren. Bij het indelen van sectoren is in eerste instantie uitgegaan van de indeling van het eerste nationale programma. Voor de huidige inventarisatie is een aantal sectoren verfijnd ten opzichte van de inventaris van radioactief afval uit 2014. De destijds gedefinieerde sector 'NORM' is met oog op de rapportage van het RIVM verder onderverdeeld, vanwege grote onderlinge verschillen

in hoeveelheden en type rest- en afvalstoffen en in perspectieven voor verdere minimalisatie. Ook de destijds gedefinieerde sector 'Medisch' is verder onderverdeeld in bedrijven die medische isotopen produceren en bedrijven die deze toepassen. Hierbij is overwogen dat er momenteel veel aandacht is voor de productie en productietechnieken van medische isotopen. In de vorige rapportage is het radioactieve afval afkomstig van uraniumverrijking ingedeeld in de sector 'Industrie' terwijl dat nu is ondergebracht in de sector 'Nucleair'. Een overzicht van de sectoren met een toelichting wordt weergegeven in Tabel 1. Opgemerkt moet worden dat elke keuze voor een indeling van bedrijven in sectoren in zekere mate arbitrair is en er daarmee discussie kan bestaan over welke bedrijven tot welke sector behoren.

In paragraaf 4.2 wordt per afvalclassificatie (HRA, LMRA en NORM) de verhouding weergegeven van de hoeveelheid radioactief afval dat de verschillende sectoren afvoeren naar COVRA.

2.3 Opzet en methodologie

Voor de rapportage van COVRA en het RIVM zijn de organisaties uit de sector Nucleair en de belangrijkste producenten van NORM-afval geselecteerd voor het houden van een interview. Deze interviews zijn in samenwerking met het RIVM uitgevoerd en resultaten daarvan zijn ook in de rapportage van het RIVM opgenomen [7].

Sector	Toelichting
1. Nucleair	Bedrijven die elektriciteit produceren (of produceerden) m.b.v. kernreactoren en bedrijven die uranium verrijken.
2. Productie medische radio-isotopen	Bedrijven die medische isotopen produceren m.b.v. kernreactoren of deeltjesversnellers.
3. Medisch	Bedrijven die medische zorg verlenen, inclusief hun dienstverleners (bedrijven die bijvoorbeeld open radioactieve bronnen leveren of ijk-, callibratie- of HASS-bronnen).
4. Onderzoek en onderwijs	Bedrijven die onderzoek uitvoeren of onderwijs verzorgen.
5. Olie en gas	Bedrijven die olie en gas produceren. Deze bedrijven produceren zowel LMRA als NORM-afval.
6. Schroot	Bedrijven die schroot innemen dat mogelijk met (kunstmatig) afval besmet is.
7. Industrie	Industriële bedrijven die gebruik maken van bijvoorbeeld brandwerend materiaal dat gebruikt wordt in installaties die blootstaan aan hoge temperaturen, of die gebruik maken van diverse meet- en regeltoepassingen met ingekapselde bronnen.
8. NORM	Bedrijven die werken met grondstoffen die radioactief materiaal van natuurlijke oorsprong bevatten. Bedrijven zijn opgesplitst in: ▪ Pigmentproductie, ▪ Staalproductie, ▪ Zirkoon, ▪ Olie- en gasproductie, ▪ Geothermie, ▪ Schrootverwerking, ▪ Fosforproductie, ▪ Nucleair.
9. Rookmelders	Rookmelders aangeboden door bedrijven, milieustations en particulieren.
10. Overig	Overige bedrijven die niet in te delen zijn in de andere sectoren.

Tabel 1 Definitie van sectoren die zijn gehanteerd in deze inventarisatie.

Deze bedrijven is gevraagd welke soorten afval geproduceerd worden (nu en in de nabije toekomst), de opslag van radioactieve materialen op het terrein van de onderneming, de verwachte hoeveelheid jaarlijkse productie radioactief afval en de verwachte hoeveelheid ontmantelingsafval. Ter voorbereiding op deze interviews is van tevoren een aantal standaard vragen geformuleerd, zie Bijlage 2.

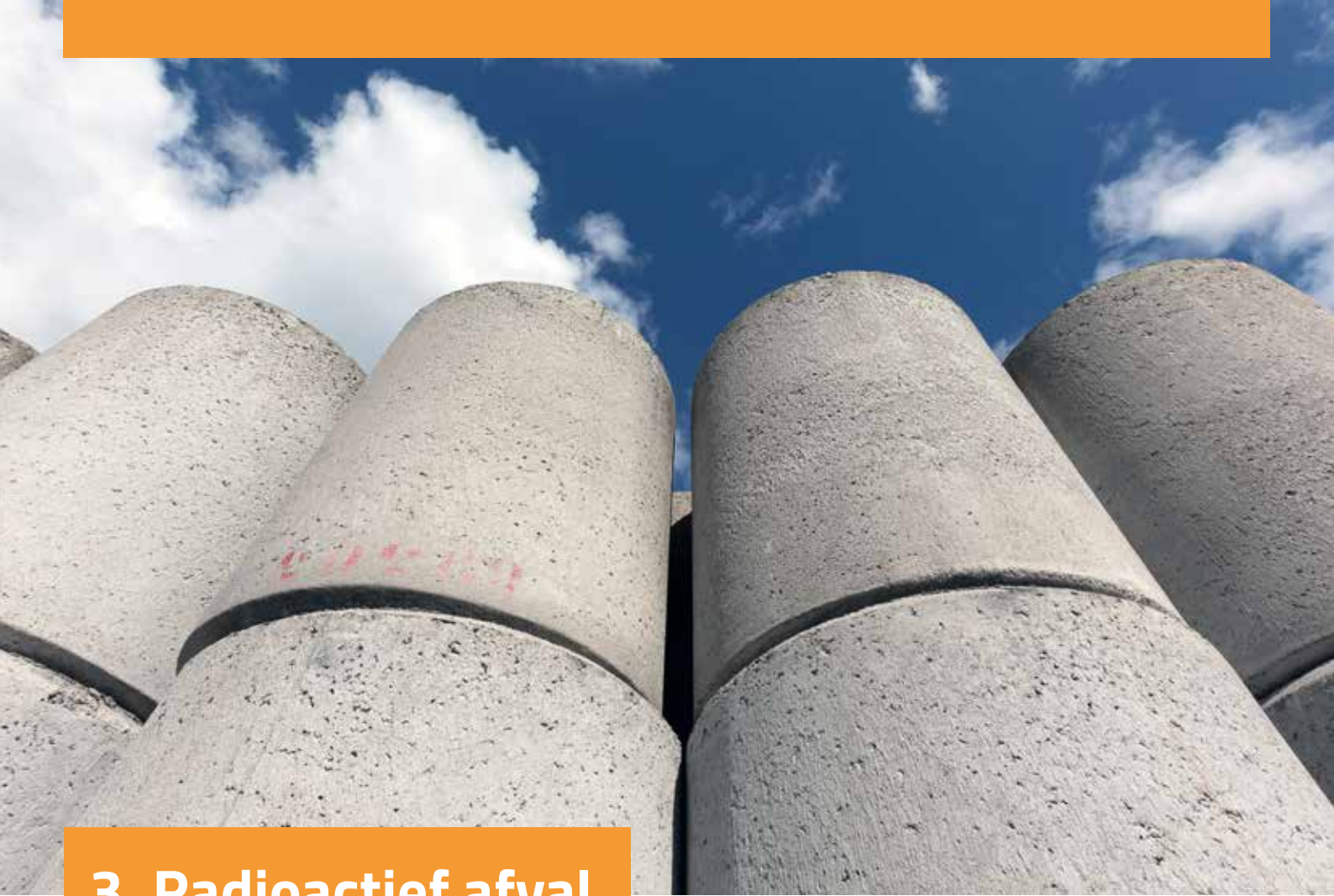
Vervolgens zijn de uitkomsten van de (beperkte groep) geïnterviewden naar de totale hoeveelheid geëxtrapoleerd. Voor zover het afval betreft dat aan COVRA zal worden aangeboden, is de verwachte productie per categorie vergeleken met de totale hoeveelheden die door COVRA over de afgelopen drie jaar zijn ontvangen om een totale afvalproductie per soort afval (HRA, LMRA en NORM) te schatten.

Er is een goed overzicht van de toekomstige productie van HRA. Er is immers maar een beperkt aantal producenten. Het beheer van het HRA wordt vastgelegd in langlopende contracten en alle producenten moeten een ontmantelingsplan hebben. De uiteindelijk te bergen HRA-inventaris wordt daarom opgesteld aan de hand van productiegegevens van de producent en de administratie van COVRA.

Vanwege het grote aantal zeer verschillende producenten van LMRA en NORM-afval, kan de inventaris niet op dezelfde manier worden opgesteld als bij het HRA. De uiteindelijke hoeveelheid te bergen LMRA en NORM-afval in het basisscenario wordt daarom verkregen door lineaire extrapolatie van de huidige hoeveelheid opgeslagen radioactief afval naar 2130 plus de verwachte hoeveelheden afkomstig van ontmanteling en het reeds aanwezige afval in opslag bij COVRA.

De inventaris in 2130 geeft een beeld van het afval dat in de eindberging moet worden geborgen. Dit betekent dat:

- a. Radioactief afval dat is verwijderd, bijvoorbeeld door storten op een afvaldeponie, niet naar de eindberging gaat en niet bijdraagt aan de inventaris in 2130.
- b. Radioactieve reststoffen die worden bewerkt of hergebruikt, geen radioactief afval zijn en niet bijdragen aan de inventaris in 2130.



3. Radioactief afval

3.1 Herkomst

In Nederland zijn er ca. 800 bedrijven die een vergunning hebben op basis van de Kew voor het voor handen hebben en gebruiken van radioactieve stoffen en/of versnellers en/of voor het produceren van radioactieve rest- en/of afvalstoffen. Daarnaast zijn er ook nog een aantal bedrijven die een registratie hebben voor het gebruik van radioactieve grondstoffen. Dit gaat dan om NORM-materialen.

Bij het gebruik van de radioactieve stoffen kunnen radioactieve restproducten ontstaan. Wanneer deze restproducten niet hergebruikt kunnen worden, ontstaat er radioactief afval. Het vergunningsplichtig radioactief afval in de categorieën HRA en LMRA moet na productie zo snel mogelijk naar COVRA worden afgevoerd (in de praktijk meestal binnen de maximaal toegestane bewaartermijn van twee jaar). Wanneer radioactief afval niet vergunningsplichtig is, mag het ook op een andere manier veilig verwijderd worden. Voor NORM-afval zijn deponieën aangewezen en is hergebruik een belangrijke optie. Daarnaast ligt er nog een hoeveelheid historisch afval opgeslagen in Petten dat geproduceerd is voordat COVRA opgericht werd. Dit afval is deels overgebracht naar de centrale opslag bij COVRA; de komende jaren wordt het restant overgebracht.

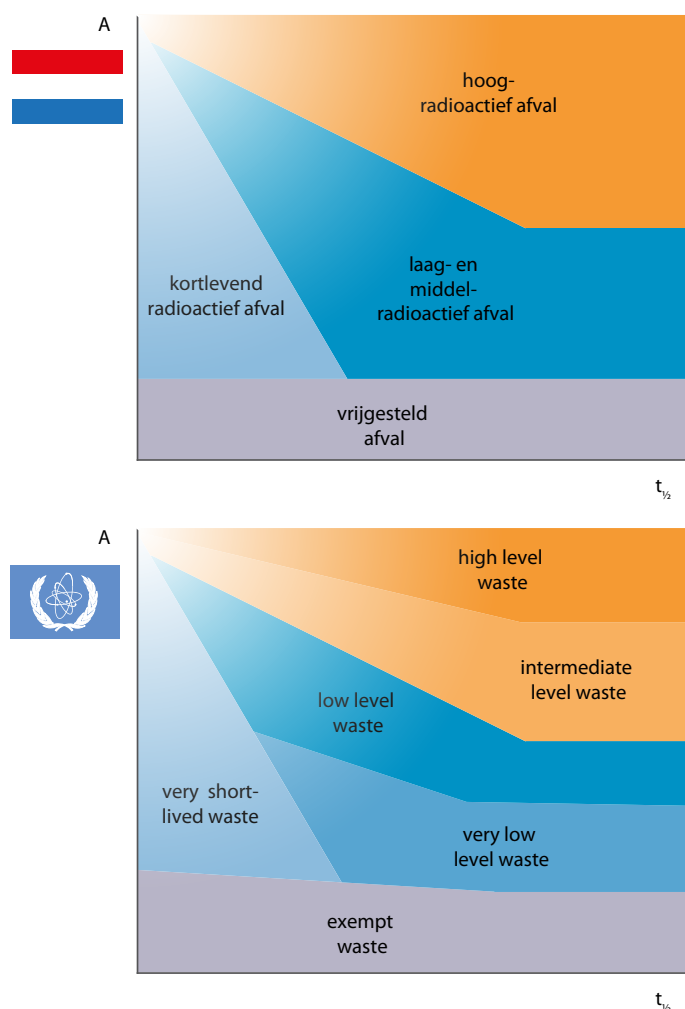
3.2 Soorten

Er is geen internationaal overeengekomen radioactiefafvalclassificatie. Voor het opstellen van radioactiefafvalbeleid en -strategieën groeperen landen het radioactief afval in verschillende categorieën. Deze categorieën zijn meestal gebaseerd op activiteit en halfwaardetijd en daarmee op de mogelijke verwerkings- en verwijderingsroutes van het afval.

Om de hoeveelheden radioactief afval wereldwijd in kaart te kunnen brengen heeft het IAEA (International Atomic Energy Agency) in 2009 een classificatie ontwikkeld die bestaat uit zes afvalcategorieën [8]. In Nederland wordt het afval ingedeeld in vier categorieën: het hoogradioactief afval (HRA), het laag- en middelradioactief afval (LMRA), waaronder ook het NORM-afval valt, het zogeheten kortlevende radioactieve afval en het vrijgestelde afval. Figuur 1 geeft een vergelijking tussen de IAEA- en de Nederlandse classificatie. Grofweg kan gesteld worden dat de categorieën high level waste (HLW) en intermediate level waste (ILW) overeenkomen met de Nederlandse categorie HRA, waarbij het niet-warmteproducerend HRA geclassificeerd wordt als ILW volgens de IAEA methodiek. De classificatie low level waste (LLW) en very low level waste (VLLW) komen overeen met de Nederlandse classificatie LMRA.

Deze classificatie niet is opgenomen in de Nederlandse regelgeving, waar enkel onderscheid wordt gemaakt tussen registratieplichtige

en vergunningsplichtige radioactieve afvalstoffen en tussen splijfstofhoudende en niet-splijfstofhoudende afvalstoffen.



Figuur 1 De IAEA- en Nederlandse classificatie voor radioactief afval.

3.2.1 Hoogradioactief afval (HRA)

Het HRA is radioactief afval dat vanwege het hoge stralingsniveau verwerkt moet worden met op afstand bedienbare installaties en opgeslagen moet worden achter dikke betonnen muren in speciale containers. Een deel van het HRA produceert warmte en moet daarom gekoeld worden. HRA bestaat uit afval dat afkomstig is van de opwerking van gebruikte splijstofelementen uit kernenergiecentrales en uit de splijstofelementen die als brandstof in onderzoeksreactoren zijn gebruikt. Daarnaast ontstaat ook HRA bij de medische isotopenproductie. Ook het ontmantelen van nucleaire installaties of het opruimen van historisch afval kan HRA opleveren.

3.2.2 Laag- en middelradioactief afval (LMRA)

Het LMRA is al het andere afval. Het LMRA bestaat onder meer uit gebruiksmaterialen (handschoenen, kleding, injectienaalden, laboratoriumglaswerk, etc.), kalibratie- en bestralingsbronnen, ionisatiemeters (rookmelders) en vervangen onderdelen in nucleaire installaties (buizen, pompen, filters, etc.). LMRA bestaat uit zowel langlevend als kortlevend afval. Er wordt binnen COVRA onderscheid gemaakt tussen vier soorten LMRA:

- A-afval: afval met radionucliden die alfastraling uitzenden.

Alfa-houdend afval is vaak langlevend.

- B-afval: afval dat afkomstig is van een kerncentrale. Een groot deel van de radioactiviteit van dit afval neemt relatief snel af. Het B-afval bevat veel Cobalt-60, een radioactieve stof met een halfwaardetijd van circa vijf jaar, maar het bevat ook Cs-137 met een halfwaardetijd van ca. 30 jaar.
- C-afval: afval met radionucliden met een halfwaardetijd langer dan vijftien jaar.
- D-afval: afval met radionucliden met een halfwaardetijd korter dan vijftien jaar. Het grootste deel van dit afval vervalt binnen een termijn van honderd jaar.

3.2.3 Natuurlijke Radioactieve Materialen (NORM-afval)

Een bijzondere categorie binnen het LMRA vormt het zogenoemde NORM-afval. NORM-afval ontstaat bijvoorbeeld wanneer radioactieve stoffen die van nature voorkomen in bijvoorbeeld industriële ertsen (zoals uranium- of fosfaatertsen) bij de verwerking geconcentreerd worden in het afval. Andere voorbeelden van industrieën waarbij NORM-afval vrij kan komen, zijn de pigmentindustrie, staalindustrie, zirkoon industrie, olie- en gasindustrie, sloop en verwerking en geothermie. Dit afval met een verhoogde natuurlijke radioactiviteit moet als LMRA worden beheerd. Veelal betreft het hierbij langlevend afval. In de eerder besproken studie van het RIVM naar de afvalstromen in Nederland is deze stroom uitvoerig beschreven [7].

3.2.4 Kortlevend afval

Kortlevend afval heeft een halfwaardetijd van minder dan honderd dagen en mag bij de producent twee jaar worden opgeslagen, zodat het binnen deze termijn kan vervallen tot onder de vrijgavegrenzen. Hiervoor moet een speciaal voor het radioactief afval bestemde ruimte beschikbaar zijn. Deze moet onder andere brandwerend, goed afsluitbaar en alleen toegankelijk voor bevoegde personen zijn. Ook moet de stralingsdosis aan de buitenzijde zo laag als redelijkerwijs mogelijk zijn. Vanwege de korte levensduur is dit afval niet meegenomen in de inventaris.

3.2.5 Vrijgesteld afval

Vrijgesteld afval is afval met een zodanig lage activiteit en activiteitsconcentratie dat controle niet (langer) nodig is. Na vrijgave wordt dit niet langer als radioactief afval beschouwd. Dit afval is niet meegenomen in de inventaris.

3.3 Verwerking

Om te zorgen dat radioactief afval in Nederland veilig en verantwoord beheerd wordt, is niet alleen een goed beeld van het huidige en toekomstige radioactief afval nodig, maar ook een overzicht van de verwerkings- en verwijderingsroutes. De belangrijkste verwerkings- en verwijderingsroutes zijn: hergebruik, storten op aangewezen deponieën en (interim) opslag bij COVRA. Daarnaast zijn er diverse kleine routes. In de volgende paragrafen zullen de verschillende routes kort worden besproken.

3.3.1 Hergebruik

Er is vanuit milieu-hygiënisch oogpunt een voorkeur voor hergebruik boven verwijdering (storten en eindberging). Ook in economisch opzicht biedt hergebruik kansen. Vandaar dat er voor verschillende radioactieve afvalstoffen hergebruiksroutes zijn ontwikkeld, zoals bijvoorbeeld het smelten van gecontamineerd of geactiveerd staal. Hierdoor ontstaat staal dat opnieuw gebruikt kan worden en een radioactief restproduct dat soms ook weer (deels) hergebruikt kan worden. Dit gebeurt in de staalsmelterijen van Studsvik in Zweden, Energy Solutions in de Verenigde Staten en gebeurde tot 2018 in de smelterij van Siempelkamp in Duitsland. NRG in Petten en Cleanstream in Ter Apel hebben een installatie om radioactieve scaling (neerslag) van staal te verwijderen en het staal schoon te maken. Ook zijn er verschillende routes om de radionucliden in NORM-materialen te immobiliseren. Het materiaal is dan na vormgeving en verharding geschikt voor diverse soorten hergebruik.

3.3.2 Storten

Voor registratieplichtig NORM-afval geldt dat dit in principe op daartoe aangewezen stortplaatsen mag worden gedeponeerd. Hierbij geldt dan wel dat het afval ook aan de overige (milieu)eisen van de stort zal moeten voldoen waarvoor bijvoorbeeld eisen aan de uitloogbaarheid van zware metalen worden gesteld. Deze deponieën zijn in staat om grote hoeveelheden NORM-afval (tienduizenden m³ per jaar) te verwerken, maar zijn ook voor de kleinere NORM-afvalstromen (vanaf enkele m³) een geschikte optie. De stortplaats wordt voor dit afval beschouwd als de definitieve berging. Het NORM-afval dat naar COVRA wordt afgevoerd is vaak hoger in activiteitsconcentratie en is wel bestemd voor eindberging. In Figuur 2 [9] is de route van rest- en

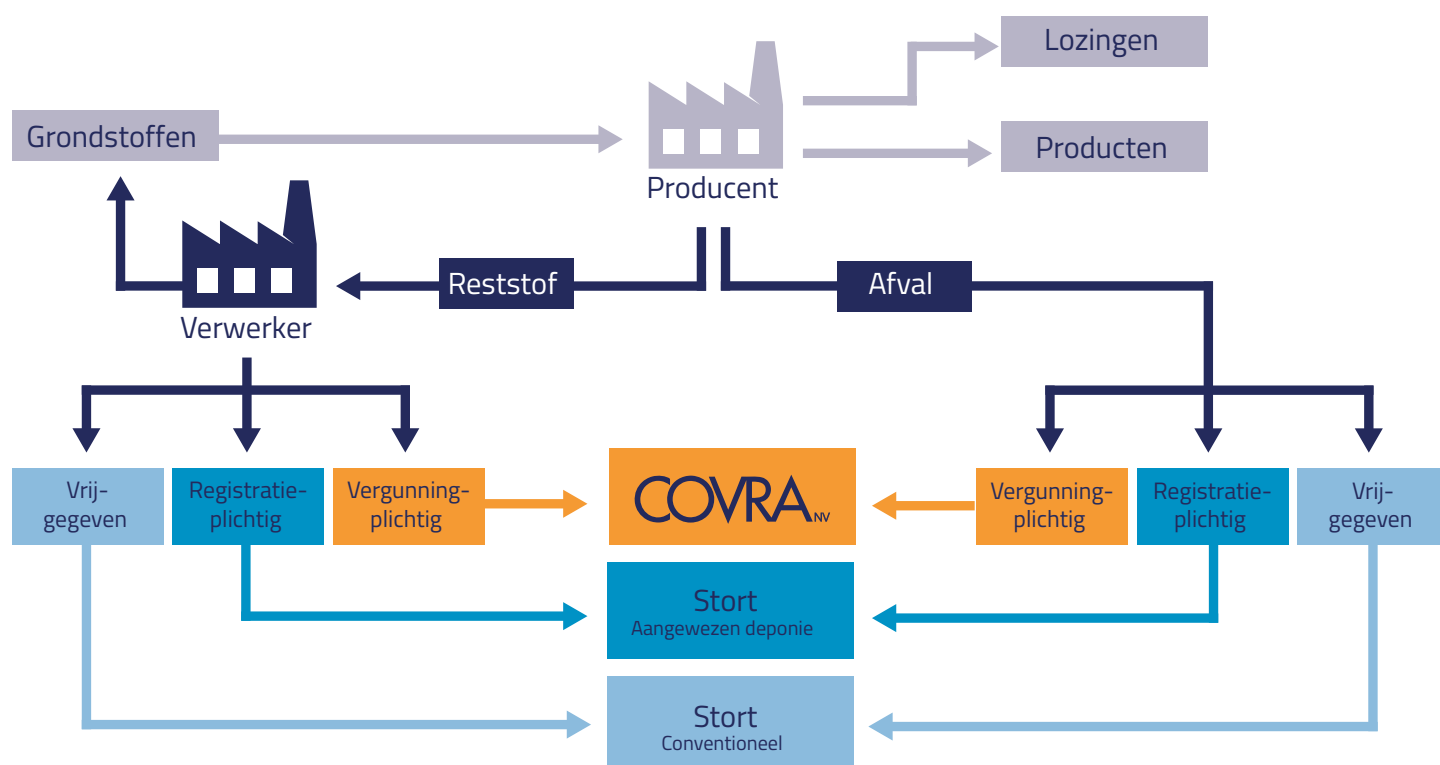
afvalstoffen met NORM schematisch weergegeven.

3.3.3 COVRA

Voor alle soorten radioactief afval die naar COVRA worden afgevoerd zijn er bij COVRA speciaal daarvoor ontworpen gebouwen. In Figuur 3 zijn de verschillende gebouwen op een plattegrond van het terrein aangegeven. De verwerking van de verschillende afvalsoorten wordt kort beschreven.

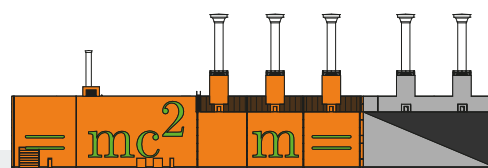
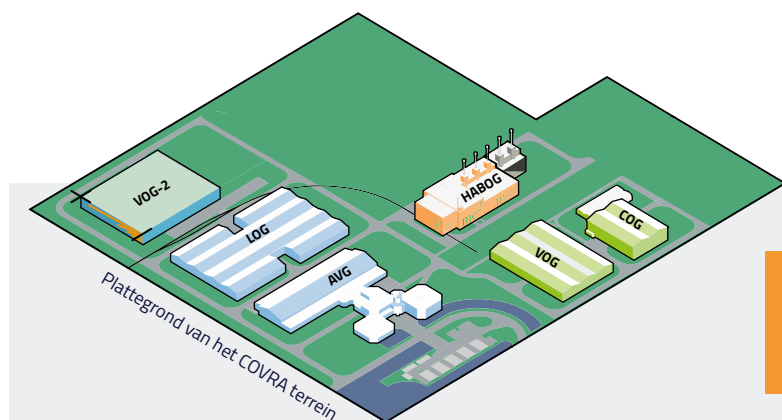
3.3.4 Divers

Niet elke organisatie heeft capaciteit om radioactieve afvalstoffen voor te bewerken. In dat geval kan gebruik worden gemaakt van dienstverleners die namens de organisatie zorgen dat het radioactief afval op een verantwoordelijke wijze wordt bewerkt. Dit komt vooral voor op het moment dat er sprake is van het onbedoeld in het bezit krijgen van radioactieve afvalstoffen. Dat kan gebeuren wanneer er radioactieve stoffen zijn verwerkt in producten waar ze niet horen. Dienstverleners, zoals Applus RTD, hebben vaak de mogelijkheid het afval tijdelijk op eigen terrein op te slaan totdat het afgevoerd kan worden naar de eindbestemming. Soms ontstaan er slibstromen, bijvoorbeeld in de olie- en gasproductie, die naast een zekere hoeveelheid radionucliden ook andere (chemo-toxische) stoffen bevatten. In Nederland zijn de firma's Begemann Milieutechniek, ATM en Reym gespecialiseerd in het opwerken van diverse slibstromen en het scheiden hiervan in deels herbruikbare componenten. Net als voor hergebruik geldt dat de residuen die ontstaan bij het bewerken van radioactieve stoffen uiteindelijk als radioactieve afvalstoffen worden afgevoerd via de routes beschreven in paragrafen 3.3.2 en 3.3.3.



Figuur 2 Routes van rest- en afvalstoffen met van nature voorkomende radionucliden.

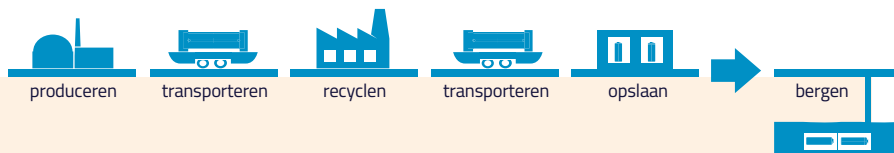
Verwerking radioactief afval bij COVRA



HABOG

Het HRA wordt vervoerd in sterke transportcontainers. Bij COVRA wordt het afval uit de containers gehaald, zo nodig verpakt, gecontroleerd en gemeten voordat het wordt opgeslagen in het Hoogradioactief Afval Behandelings- en Opslag- Gebouw (HABOG). Het gebouw is zo ontworpen dat het bestand is tegen allerlei extreme invloeden van buitenaf, zoals windhozen, gaswolkexplosies, aardbevingen, overstromingen en vliegtuigongevallen.

HRA



De gebruikte splijtstof van de kernenergiecentrale Borssele wordt in Frankrijk gerecycled. Zo'n 95% wordt gebruikt voor de productie van nieuwe splijtstof. Het radioactief afval (5%) dat bij het recycelen ontstaat, wordt teruggezonden naar Nederland en bij COVRA opgeslagen. De splijtstof van onderzoeksreactoren en het afval afkomstig van de medische isotopenproductie wordt niet gerecycled en gaat direct naar COVRA.



vliegtuigcrash
F-16



overstroming
10 NAP



gaswolkexplosie
LNG

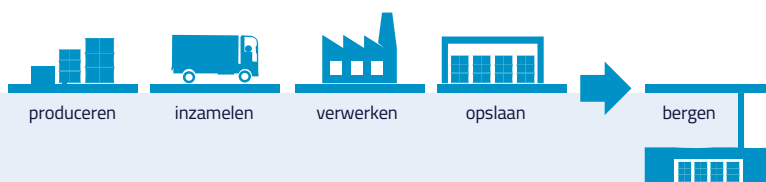


wervelwind
450 km/u



aardbeving
6,5 Mercalli

LMRA



COVRA zamelt het LMRA in bij de producent. De verwerking van de verschillende soorten LMRA in het Afval VerwerkingsGebouw (AVG) is er steeds op gericht om de radioactieve stoffen te conditioneren met beton zodat enerzijds de radioactieve stoffen niet in het milieu terecht kunnen komen en anderzijds de straling aan de buitenzijde van de verpakking wordt afgeschermd (verminderd). Het afval wordt verwerkt tot kleine verpakkingen van voornamelijk 200 en 1000 liter. Het geconditioneerde LMRA wordt opgeslagen in het Laag- en middelradioactief afval OpslagGebouw (LOG).

De vier opslagmodules van het LOG zijn gekoppeld door middel van een centrale ontvangsthal. In deze ontvangsthal kan de vrachtwagen, die het verwerkte radioactieve afval aanvoert, worden gelost. Het stapelen van de vaten met afval gebeurt met behulp van vorkheftrucks. Er worden stapels gemaakt met gangpaden er tussen, zodat het afval kan worden geïnspecteerd. Alle vaten zijn genummerd zodat de gegevens over het afval in de administratie kunnen worden opgezocht.

NORM

Het vergunningplichtige NORM afval, zoals verarmd uranium, wordt door COVRA ingezameld en opgeslagen. Hiervoor zijn er speciale gebouwen in gebruik: het Container Opslaggebouw (COG) en twee Verarmd uranium OpslagGebouwen (VOG-1 en VOG-2). Ook wordt NORM-afval na conditionering opgeslagen in het LOG.

Het is niet nodig om het verarmd uranium te conditioneren met beton. Het uraniumoxide is al een heel stabiel product. Verdere conditionering voegt weinig toe aan de veiligheid van de opslag en verhindert het eventueel hergebruik. Het verarmd uranium wordt in het VOG-1 en VOG-2 in containers van 3,5 m³ opgeslagen.

Figuur 3 Overzicht verwerking radioactief afval bij COVRA.

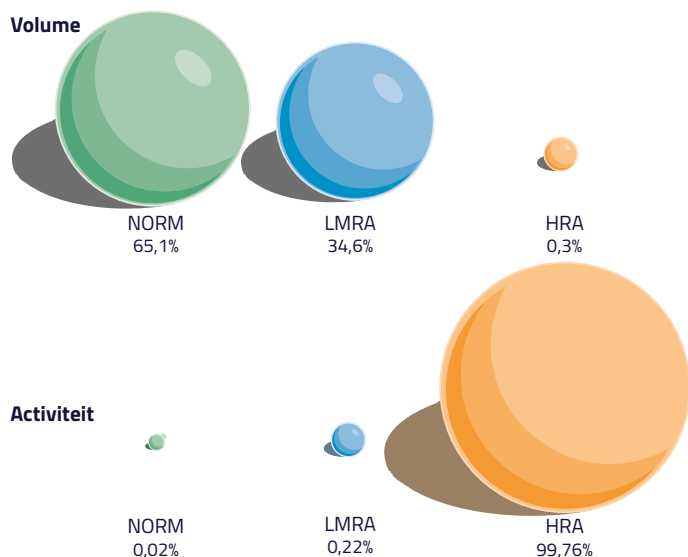




4. Hoeveelheden

4.1 Huidige hoeveelheid radioactief afval

De totale hoeveelheid radioactief afval in Nederland bedraagt vele honderdduizenden kubieke meters. Het grootste gedeelte daarvan is laagradioactief NORM-afval en is gedeponeerd op verschillende aangewezen afvaldeponieën. De totale hoeveelheid bij COVRA



Figuur 4 Activiteit en volume afval in opslag bij COVRA (december 2020).

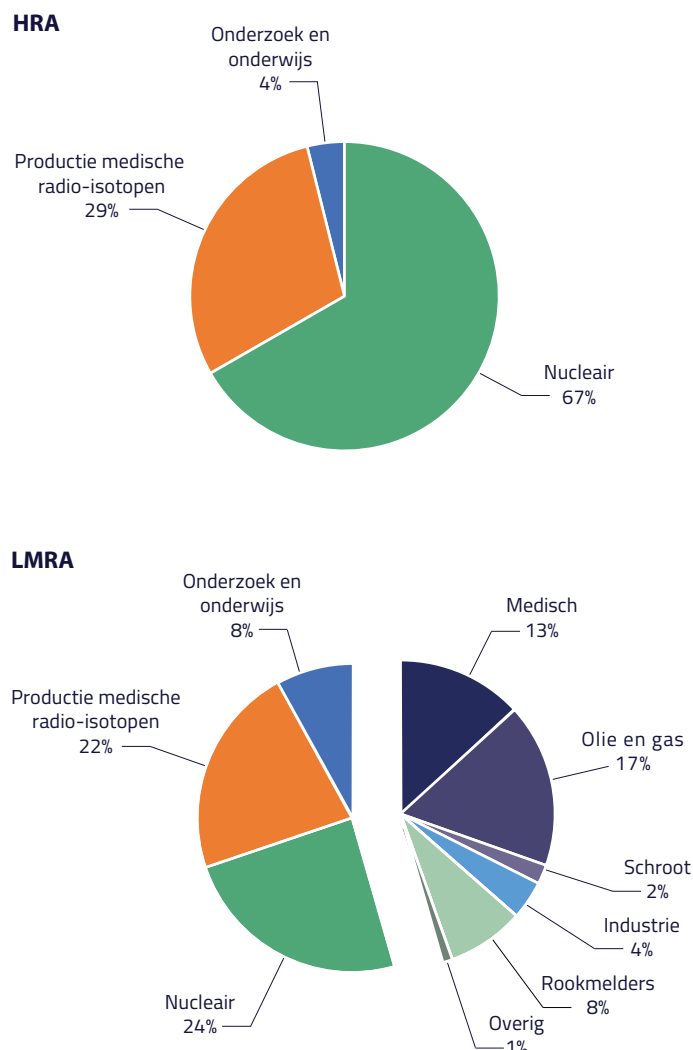
opgeslagen radioactief afval is ruim 35 duizend kubieke meter (december 2020). Daarvan is bijna tweederde (23 duizend m³) NORM-afval (ook wel Technologically Enhanced NORM (TENORM) genoemd) en ongeveer een derde LMRA (12 duizend m³). Het hoogradioactief afval vormt met 110 m³ slechts 0,3% van het totale volume. Het kleine volume HRA bevat wel het grootste gedeelte van de radioactiviteit. Het HRA is goed voor 99,9% van alle radio-activiteit. In figuur 4 zijn de hoeveelheden en activiteiten grafisch weergegeven.

Het beleid is dat radioactief afval zo snel mogelijk na productie verwerkt en/of verwijderd moet worden. Dit blijkt in de praktijk ook het geval. Het grootste deel van het NORM-afval wordt doorlopend afgevoerd naar de daarvoor aangewezen deponieën. Nagenoeg al het HRA, het resterende deel van het NORM-afval en bijna 80% van het LMRA is bij COVRA opgeslagen. Een kleine fractie van het HRA en de andere 20% van het LMRA ligt opgeslagen bij de producent en moet nog worden bewerkt, hergebruikt of naar COVRA worden afgevoerd. Een deel van dit afval dateert nog van voor de oprichting van COVRA. Radioactief materiaal dat is hergebruikt wordt niet langer als radioactief afval beschouwd en is dus ook niet meegenomen in de inventarisatie.

4.2 Productie en verwerking 2018-2020

In totaal wordt in Nederland per jaar bijna 114 duizend m³ radio-actief afval geproduceerd. Het grootste gedeelte daarvan wordt niet afgevoerd naar COVRA. Dit is overwegend registratieplichtig

NORM-afval (99%) dat wordt afgevoerd naar een deponie. De resterende kleine duizend m³ (0,7%) dat naar COVRA wordt afgevoerd, bestaat uit HRA (0,2%), LMRA (36%) en overige NORM (63,8%). In Figuur 5 wordt een overzicht gegeven van de verhouding van de gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid geconditioneerd radioactief afval dat afkomstig is uit de verschillende sectoren over de periode 2018-2020. In dit overzicht is het NORM-afval niet meegenomen omdat al het NORM-afval bij COVRA afkomstig is van de sector 'Nucleair'.



Figuur 5 Verhouding tussen de verschillende sectoren van de jaarlijkse hoeveelheid geconditioneerd radioactief afval bij COVRA (volume%).

Nederland heeft een goede infrastructuur voor de verwerking en verwijdering van de verschillende soorten regulier radioactief afval. Voor alle afvalsoorten zijn verwerkings- en verwijderingsroutes beschikbaar. Voor NORM zijn er, naast verwerking en opslag bij COVRA, mogelijkheden voor nuttige toepassing en verwijdering op aangewezen deponieën. Voor de vaak kleinere hoeveelheden niet-standaard afval worden in samenwerking met COVRA op-maat-gesneden oplossingen ontwikkeld.

In de vorige rapportage gaven een aantal producenten aan wensen te hebben voor de (economische) optimalisatie van de verwerking van specifieke afvalstromen, zoals grotere hoeveelheden geacti-

veerd beton en betonstaal. COVRA is hiermee aan de slag gegaan en heeft mogelijkheden tot vervalopslag gerealiseerd. Daarnaast zijn er grotere opslagcontainers gerealiseerd voor radioactief afval dat bestaat uit grotere componenten.

4.3 Inventaris in 2030, 2050 en 2130

De inventaris is gebaseerd op huidig beleid: het starten met het ondergronds bergen van al het radioactief afval in 2130. De inventaris in 2130 is gebaseerd op verwachte hoeveelheden HRA en lineaire extrapolatie voor LMRA en NORM bestemd voor eindberging. Bij het bepalen van het totale afvalvolume is tevens rekening gehouden met een volumetoename door een eventuele extra conditionering van het afval voor eindberging. Er is geen rekening gehouden met eventuele nieuwe verwerkingsmethoden als een plasma- of verbrandingsoven, waardoor de totale hoeveelheid te bergen afval verminderd zou kunnen worden.

Het beleid en de wet- en regelgeving hebben uiteraard ook nog een geheel andere niet minder belangrijke invloed. Hierin is namelijk vastgelegd wat als afval en radioactief afval moet worden aangemerkt. Bij wijzigingen hierin zal ook de hoeveelheid radioactief afval veranderen.

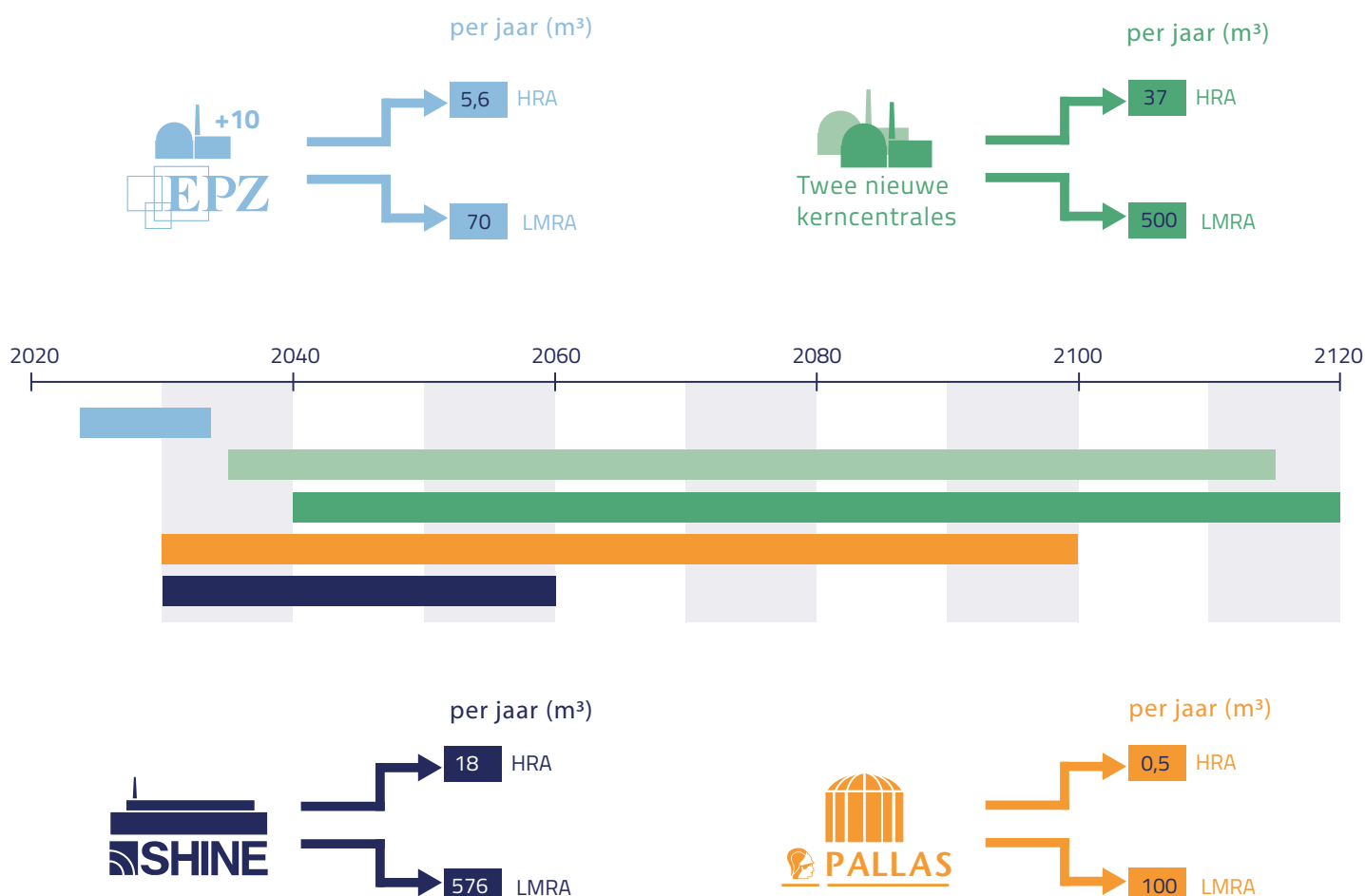
Een ander aspect dat grote invloed op de verwachte omvang kan hebben, is dat processen veranderen en industrieën opkomen en verdwijnen. Daardoor is er een grote mate van onzekerheid in het extrapoleren van de huidige soorten en hoeveelheden industrieel radioactief afval over een zo lange tijdsperiode. Medische toepassingen van radioactieve stoffen lijken niet weg te denken, denk aan de behandeling van kanker met een radioactieve stof. Tegelijkertijd valt te verwachten dat een deel van de huidige NORM-industrieën zal ophouden te bestaan of processen zullen worden gewijzigd of vervangen door volkomen andere processen. Ook het grondstoffengebruik is een belangrijke parameter in het schatten van de toekomstige hoeveelheden NORM-afval. In de laatste jaren is een duidelijke trend waarneembaar waarbij Nederlandse industrieën steeds laagwaardiger grondstoffen inzetten (die steeds meer verontreinigingen bevatten) en dus meer (NORM-) afval genereren [7]. Anderzijds zal ook het streven naar een circulaire economie zijn invloed hebben op het grondstofgebruik en het hergebruik van materialen.

4.3.1 Eventuele toekomstige scenario's

In de volgende paragrafen wordt een schatting gemaakt van de groei van HRA, LMRA en NORM tot en met 2130 en wordt kort ingegaan op specifieke onzekerheden en uitgangspunten in de schattingen van de verschillende soorten radioactief afval. Hierbij zijn de onderstaande scenario's uitgewerkt, namelijk de levensduurverlenging van de KCB van 10 jaar, de komst van PALLAS, van SHINE en van twee nieuwe kerncentrales. Daarnaast is het ontmantelingsafval van de kerncentrales in beeld gebracht. De impact van de jaarlijkse hoeveelheid radioactief afval per scenario is uitgewerkt in Figuur 6.

4.3.2 Hoeveelheid HRA in 2030, 2050 en 2130

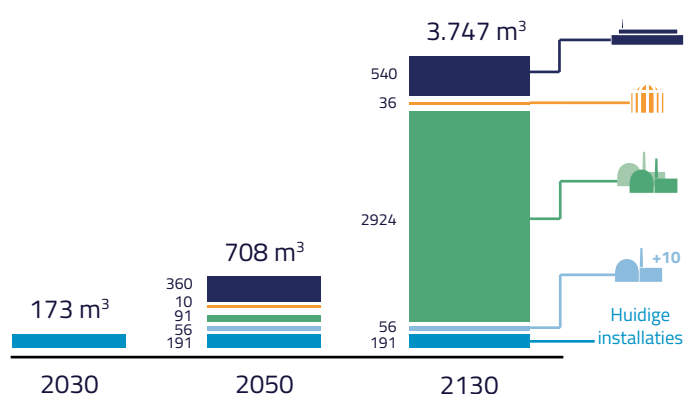
De hoeveelheid HRA in 2130 in een basisscenario waarbij de KCB operationeel is tot 2034, er geen nieuwe kerncentrales worden



Figuur 6 Jaarlijkse hoeveelheid radioactief afval per scenario.

gebouwd, de HFR niet wordt opgevolgd door PALLAS en SHINE haar activiteiten niet start wordt geschat op 191 m³. In Figuur 7 is schematisch weergegeven wat de invloed is van de verschillende scenario's op de hoeveelheid m³ HRA voor de jaren 2030, 2050 en 2130. Dit betreft de hoeveelheid HRA in ongeconditioneerde vorm. Deze getallen zijn gebaseerd op de uitgangspunten zoals beschreven in paragraaf 2.1. In Tabel 5 van Bijlage 3 zijn de

hoeveelheden m³ HRA weergegeven in de opslagverpakkingen bij COVRA (geconditioneerd) en in Bijlage 4 zijn de verhoudingen tussen het warmteproducerend HRA en het niet-warmteproducerend HRA voor de verschillende scenario's weergegeven. Het niet-warmteproducerend HRA wordt volgens de IAEA classificatie als ILW beschouwd. In deze scenario's is geen ontmantelingsafval meegenomen. De hoeveelheid HRA afkomstig van ontmanteling zal verwaarloosbaar klein zijn in vergelijking met de hoeveelheden HRA afkomstig van reguliere productie. Het ontmantelingsafval is meegenomen in de prognose van het LMRA (paragraaf 4.3.3).

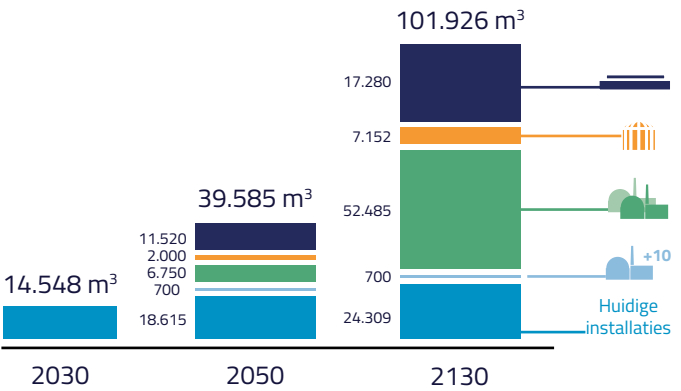


Figuur 7 Hoeveelheid HRA in 2030, 2050 en 2130 voor verschillende scenario's uitgedrukt in m³.

De weergave in Figuur 7 is een schatting. Er is aangenomen dat de hoeveelheid HRA afkomstig van de nieuwe kerncentrales proportioneel is naar het vermogen. Daarnaast is uitgegaan van de huidige wijze van productie, (voor)bewerking en opslag waarbij met name de keuze voor opwerking van de splijtstofelementen van de KCB en het niet opwerken van de elementen van de onderzoeksreactoren zaken zijn die bij de bouw van nieuwe reactoren van belang zijn en afhankelijk waarvan het type, de volumes en aantallen van het afval sterk kunnen veranderen. Elementen van een kerncentrale die niet zijn opgewerkt kunnen niet worden opgeslagen in het HABOG, daarvoor zal dan nieuwe opslagcapaciteit moeten worden gecreëerd.

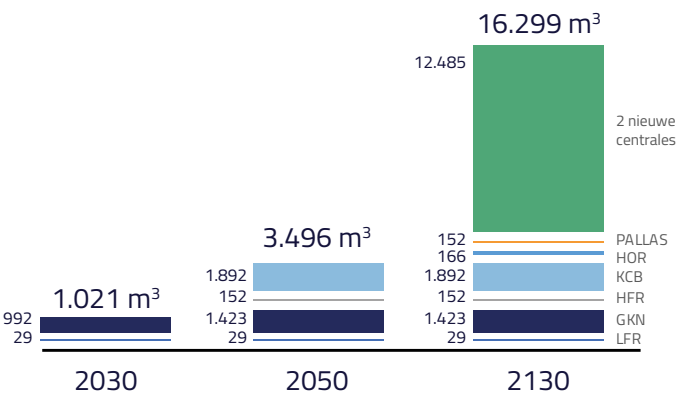
4.3.3 Hoeveelheid LMRA in 2030, 2050 en 2130

De hoeveelheid regulier LMRA in 2130 wordt geschat op 24 duizend m³. Hierbij is uitgegaan van een lineaire extrapolatie gebaseerd op de beschikbare data van afgelopen 20 jaar (jaarrapporten COVRA en database COVRA) en aangenomen dat het aanbod van LMRA naar COVRA stabiel zal zijn over de jaren omdat de groei en krimp van afval in verschillende sectoren elkaar uitmiddelen. Deze schatting is gebaseerd op een scenario zonder de komst van nieuwe nucleaire installaties in Nederland en sluiting van nucleaire installaties zoals beschreven in paragraaf 2.1. In Figuur 8 is schematisch weergegeven wat de invloed is van de nieuwe nucleaire installaties in Nederland op de hoeveelheid m³ LMRA voor de jaren 2030, 2050 en 2130, inclusief het ontmantelingsafval van de kerncentrales. Deze getallen zijn gebaseerd op de uitgangspunten en aannames zoals beschreven in paragraaf 2.1.



Figuur 8 Hoeveelheid LMRA in 2030, 2050 en 2130 voor verschillende scenario's uitgedrukt in m³.

De hoeveelheid ontmantelingsafval van de kerncentrales is weergegeven in Figuur 9. Voor het radioactief ontmantelingsafval is aangenomen dat de hoeveelheid radioactief afval afkomstig van de nieuwe kerncentrales proportioneel is naar het vermogen van de KCB.



Figuur 9 Hoeveelheid radioactief ontmantelingsafval van kernreactoren in m³.

Een deel van het LMRA vervalt tijdens de opslag bij COVRA. Het vervallen afval zou kunnen worden afgevoerd als niet-radioactief afval en hoeft dan niet de eindberging in. Vanwege de lange termijn tot aan eindberging en de ervaringen met de afvoer van vervallen radioactief afval, is met het verval van het afval geen rekening gehouden bij het opstellen van de LMRA inventaris in 2130 en wordt aangenomen dat al het afval naar de eindberging gaat.

De wet- en regelgeving kan ook een grote invloed hebben op de hoeveelheid LMRA. Daar is immers vastgelegd wat radioactief afval is en wat niet. Een verscherping van de vrijgave- en vrijstellingsgrenzen zou kunnen betekenen dat er meer afval als LMRA beschouwd moet worden en dat een deel van het LMRA afval langer de tijd nodig heeft om te vervallen. Bij de laatste wijziging in de wet- en regelgeving was er voor COVRA geen groot effect op de hoeveelheid LMRA dat werd aangeboden.

4.3.4 Hoeveelheid NORM-afval in 2030, 2050 en 2130

De hoeveelheid NORM-afval bij COVRA in 2130 wordt geschat op ca. 56 duizend m³, zie Tabel 2. Hiervan is bijna 7 duizend m³ NORM-afval afkomstig van fosforproductie. In 2012 is de onderneming failliet verklaard en de ontmanteling van de fosforproductie-installaties en de sanering en vrijgave van het terrein is in 2020 voltooid. De overige 49 duizend m³ is afkomstig van de uraniumverrijkingsindustrie. Bij het bepalen van de hoeveelheid NORM-afval in de toekomst is uitgegaan van een lineaire extrapolatie gebaseerd op de data van afgelopen twintig jaar afkomstig van uraniumverrijking (jaarrapporten COVRA en database COVRA). Er is aangenomen dat het aanbod van NORM-afval stabiel zal zijn tot 2050. Tevens is aangenomen dat er in de toekomst geen NORM-afval afkomstig van andere industrieën bij COVRA zal worden opgeslagen. Een eventueel toekomstige wijziging in de wet- en regelgeving kan hier verandering in brengen.

Soort NORM-afval	2030	2050	2130
NORM-afval afkomstig van uraniumverrijking	28.172	49.360	49.360
Calcinaat (fosforindustrie)	6.710	6.710	6.710
Totaal	34.882	56.070	56.070

Tabel 2 Hoeveelheid NORM in 2030, 2050 en 2130 uitgedrukt in m³.

De wet- en regelgeving (en de ontwikkelingen daarin) zijn van groot belang bij de definitie wat een radioactieve afvalstof is. Zo is op 6 februari 2018 de richtlijn 2013/59/Euratom geïmplementeerd in de Nederlandse regelgeving, welke impact heeft op de totale hoeveelheid (massa/volume) als radioactieve rest- en afvalstoffen te beheren en af te voeren materiaal, in vergelijking met de periode daarvoor. Deze richtlijn heeft voornamelijk impact op het NORM wat wordt hergebruikt of wordt gestort op de hiervoor aangewezen deponieën en niet zozeer op het NORM dat wordt afgevoerd naar COVRA. Zo is de omvang van het afvalaanbod naar de deponieën vergroot van ca. 40 duizend m³ per jaar naar ca. 97 duizend m³ per jaar [7]. Een verdere uitleg hierover is te lezen in hoofdstuk 5.

Wanneer het niet langer toegestaan zou worden NORM-materialen te mengen voor hergebruik of te storten op een deponie, zou de inventaris van radioactief afval bij COVRA sterk toenemen (per jaar met bijna 97 duizend m³). Wanneer in dit scenario geen alternatieve verwijderingsroutes beschikbaar komen, zal bij COVRA nieuwe verwerkings- en opslagcapaciteit moeten worden gecreëerd en zal mogelijk het terrein moeten worden uitgebreid. Hetzelfde geldt voor de beschikbaarheid van de huidige verwijderings- en hergebruikroutes. Deze zijn veelal in handen van binnenlandse en buitenlandse bedrijven. Mochten deze bedrijven om welke redenen dan ook hun activiteiten beëindigen, dan moet ook het bulk NORM-afval naar COVRA en moet het worden toegevoegd aan de NORM-inventaris. Anderzijds geldt uiteraard als er in de markt andere verwijderingsopties komen dit van invloed kan zijn op de totale hoeveelheid te storten NORM-afval.

4.4 Eindberging

Het vergunningplichtige radioactief afval wordt momenteel bovengronds opgeslagen bij COVRA. Dit doet COVRA voor een periode van ten minste honderd jaar, tot 2130. In 2130 is een groot deel van het afval nog radioactief. Dit afval moet veilig worden opgeborgen in diepe, stabiele, ondergrondse aardlagen. Dit noemen we eindberging. COVRA doet momenteel onderzoek naar een eindberging. Door het radioactief afval in een diepe ondergrondse faciliteit op te bergen, vormt het afval geen gevaar voor mens of natuur. Een eindberging kan worden gebouwd in verschillende type stabiele aardlagen zoals bijvoorbeeld klei, zout of graniet. In Nederland hebben wij twee soorten gesteentes die in potentie geschikt zijn voor eindberging, de ondergrond in ons land bevat namelijk zowel klei als zout. Deze aardlagen worden allebei onderzocht. In het huidige ontwerp van de eindberging is het van belang dat het afval in een geconditioneerde vorm in de eindberging zal worden gebracht. Voor een aantal afvalclassificaties betekent dit dat er nog een bewerking nodig is.

Om een eindberging te realiseren is het van belang te weten hoeveel geconditioneerd radioactief materiaal er uiteindelijk in moet worden opgeslagen. Op basis van de prognoses van de hoeveelheid m³ radioactief afval in 2130, beschreven in paragraaf 4.3, wordt hieronder een prognose voor de hoeveelheid m³ geconditioneerd afval voor eindberging gemaakt.

Het onderzoek naar een eindberging in kleilagen is verder gevorderd dan het onderzoek naar een eindberging in zoutlagen. Schattingen voor de hoeveelheid m³ verpakt radioactief afval dat de eindberging in gaat zijn gebaseerd op data uit de OPERA Safety Case [10] waarin de voorwaarden staan beschreven voor een ondergrondse bergingsfaciliteit in de kleilagen van Nederland. Momenteel wordt de safety case voor ondergrondse berging in zoutlagen in Nederland opgesteld en die voor klei geüpdatet. Deze inventarisatie dient als onderliggend document voor de nieuwe safety case. In onderstaande paragrafen wordt alleen uitgegaan van een ondergrondse bergingsfaciliteit in kleilagen. Gezien het doorlopend onderzoek naar eindberging zullen de hoeveelheden m³ geconditioneerd radioactief afval in een volgende rapportage kunnen afwijken van die in deze.

4.4.1 Hoeveelheid HRA in eindberging

HRA wordt bij COVRA opgeslagen in verschillende soorten canisters. Verwacht wordt dat deze canisters niet zonder verdere conditionering in een ondergrondse bergingsfaciliteit kunnen worden opgeborgen. Op basis van de OPERA Safety Case werden twee soorten cilindervormige supercontainers voorzien waarin de canisters kunnen worden gezet: een supercontainer met een diameter van 2 m en een lengte van 2,5 m óf 3 m. In de supercontainer met een lengte van 2,5 m zou het HRA afkomstig van de KCB en eventueel nieuwe kerncentrales worden gezet. Het uitgangspunt hierbij was dat één canister in één supercontainer zal worden gezet. Ook het HRA afkomstig van de HOR, HFR en eventueel PALLAS zal in een supercontainer worden gezet. Om plaats te bieden aan twee canisters bedraagt de lengte van deze supercontainer 3 m. De prognose voor de hoeveelheid HRA in de eindberging op basis van bovenstaande informatie is weergegeven in Tabel 3. Hierin is het HRA afkomstig van SHINE niet meegenomen omdat er nog te veel onduidelijkheden zijn over de conditionering van dit afval.

	Opslag (m ³)	Eindberging (m ³)
Huidige installaties	191,4	8.050
 +10	55,5	2.420
	2.924	127.596
	35,8	843

Tabel 3 Verwachte uiteindelijk te bergen hoeveelheid geconditioneerd HRA uitgedrukt in m³.

Opgemerkt moet worden dat het radioactief afval afkomstig van de nieuwe kerncentrales een afkoelperiode nodig heeft van 50 jaar voor het een eindbergingsfaciliteit in kan. Dit betekent dat 50 jaar na sluiting van de nieuwe kerncentrales het laatste afval naar een eindbergingsfaciliteit zal kunnen worden overgebracht (op zijn vroegst in het jaar 2170).

4.4.2 Hoeveelheid LMRA in eindberging

LMRA wordt voornamelijk in drie type containers opgeslagen bij COVRA: 200, 400 of 1000 liter containers. De containers van 200 en 400 liter bestaan uit gegalvaniseerde stalen vaten waarbij het afval met een laag cement is afgestort en hier dus in is geïmmobiliseerd. De 1000 liter containers zijn van beton waarin zich een gecementeerde afvalvorm bevindt. De meeste LMRA opslagcontainers kunnen eenvoudig zonder verdere bewerking worden getransporteerd naar een ondergrondse bergingsfaciliteit. Hierbij is geen extra afscherming nodig. De verwachting is dat het LMRA zonder verdere conditionering of herverpakking naar de eindberging kan. De hoeveelheden te bergen LMRA zijn dus gelijk aan de hoeveelheden beschreven in paragraaf 4.3.3.

Hierbij is aangenomen dat ook het radioactief ontmantelingsafval en het LMRA afkomstig van SHINE zonder verdere bewerking of conditionering naar de eindberging kan worden getransporteerd.

4.4.3 NORM-afval in eindberging

Het overgrote deel van het NORM-afval dat opgeslagen ligt bij COVRA is afkomstig van de uraniumverrijkingsindustrie. Dit afval ligt opgeslagen in DV70 containers. Deze containers zijn niet geschikt voor een ondergrondse bergingsfaciliteit. In de OPERA Safety Case is aangenomen dat het verarmd uranium zal worden geconditioneerd in een KONRAD Type II container en wordt geborgen. Op basis van de safety case wordt aangenomen dat het calcinaat niet in de eindberging gaat maar kan worden vrijgegeven. De prognose voor de hoeveelheid NORM-afval in de eindberging op basis van bovenstaande informatie is weergegeven in Tabel 4.

	Opslag (m ³)	Eindberging (m ³)
Verarmd uranium	49.360	58.070

Tabel 4 Verwachte uiteindelijk te bergen hoeveelheid geconditioneerd NORM-afval uitgedrukt in m³.

4.5 Meest voorkomende radionucliden

Een kenmerk van radioactiviteit is dat naarmate de tijd toeneemt de straling afneemt, ook wel radioactief verval genoemd. De kern van een radionuclide is instabiel en is op zoek naar een evenwicht, naar stabiliteit. Zodra de kern van de radionuclide vervallen is naar zijn stabiele toestand (dit gaat spontaan) zendt deze geen straling meer uit. De tijd die hiervoor nodig is drukken we uit met halveringstijd, dat is de tijd die nodig is om telkens de helft van de radioactiviteit kwijt te raken. Elke radionuclide heeft een eigen vaste halveringstijd, welke kan verschillen van enkele milliseconden tot miljarden jaren. De meest dominante en veel voorkomende radionucliden in het HRA opgeslagen bij COVRA zijn: Cs-137, Cs-134, Sr-90, Ru-106, Ce-144, Sb-124, Co-60, Eu-154 en Am-241. Voor het LMRA zijn Ni-63, Fe-55, Cs-137, H-3, Ag-108m, Co-60, C-14, Am-241 en Sr-90 van belang. Voor NORM-afval zijn de meest dominante en veel voorkomende radionucliden U-238, U-235 en U-234.

Na het verval van een kern, ook wel moeder genoemd, kan de nieuwgevormde kern (dochter) eveneens instabiel zijn (dochter), welke op haar beurt weer verder vervalt naar een nieuwe instabiele of stabiele kern. Verder kunnen ook de chemische eigenschappen van de dochter anders zijn dan die van het moedernuclide. Voor eindberging is het belangrijk om naar de radionucliden van het huidige afval te kijken om te kunnen voorspellen welke radionucliden in de toekomst belangrijk zullen zijn en welke chemische eigenschappen deze hebben. Met deze informatie kan het onderzoek naar eindberging zo correct mogelijk uitgevoerd worden. Relatief kortlevende radionucliden zijn makkelijk te meten en hebben weinig invloed op de veiligheid van een gesloten eindberging. Andere langlevende radionucliden kunnen wel invloed hebben op de veiligheid van een gesloten eindberging. Deze langlevende radio-

nucliden zijn moeilijk te meten en worden soms niet gerapporteerd aan COVRA. De vier meest bepalende radionucliden voor een eindberging in klei zijn: I-129, Cl-36, Se-79 en Nb-94.



5. Vergelijking met eerder opgestelde ramingen

5.1 HRA

Over de periode 2018–2020 is gemiddeld 1,8 m³ HRA per jaar afgevoerd naar COVRA. In de inventaris van 2014 [11] is er gerapporteerd over een gemiddelde van 6,3 m³ HRA per jaar. Het verschil komt doordat in de periode 2018–2020 het gebouw waar het HRA wordt opgeslagen, het Hoogradioactief Afval Behandelings- en Opslag-Gebouw (HABOG), is uitgebreid om extra opslag te realiseren waardoor er in deze periode minder afval afgevoerd kon worden naar COVRA. Voor de prognose naar de toekomst, paragraaf 4.3.2, is er gekeken naar de data van 2003 (sinds het HABOG in gebruik genomen is) tot 2020 (jaarrapporten van COVRA en database van COVRA). Over deze periode is er gemiddeld 6,1 m³ HRA per jaar verwerkt en opgeslagen bij COVRA. Voor de prognose is daarnaast gekeken naar lopende contracten en toekomstige beladingsplannen.

De prognose naar de toekomst welke in paragraaf 4.3.2 is beschreven, zonder nieuwe nucleaire ontwikkelingen, komt goed overeen met de eerder opgestelde inventaris. Dit komt doordat er van HRA een goed beeld is wat er de komende periode aan afval te voorzien is tot aan de sluiting van de huidige kernreactoren.

5.2 LMRA

In deze inventaris zijn de ontdoeners van radioactief afval ingedeeld in meerdere sectoren ten opzichte van de inventaris van 2014 [11]. Ook zijn er enkele verschuivingen in ontdoeners van radioactief

afval tussen de sectoren gedaan (zie paragraaf 2.2). Hierdoor zijn de percentages weergegeven in Figuur 5 niet te vergelijken met de voorgaande inventaris.

Opmerkelijk is het verschil tussen de schatting van de hoeveelheid LMRA in de inventaris van 2014 [11] en de schatting gemaakt in paragraaf 4.3.3. Het verschil is te verklaren doordat bij de extrapolatie van deze inventaris rekening gehouden is met de sluiting van de KCB en de HFR, waar de sluiting in de vorige rapportage niet is meegenomen bij de extrapolatie.

5.3 NORM

In paragraaf 4.2 staat beschreven dat over de periode 2018–2020 gemiddeld ca. 97 duizend m³ NORM per jaar werd geproduceerd (inclusief NORM-materialen die worden gestort op de daarvoor bestemde deponieën). In de inventaris van 2014 [11] is er gerapporteerd over een gemiddelde van bijna 40 duizend m³ NORM per jaar. Dit heeft voornamelijk te maken met de verandering in de wet- en regelgeving.

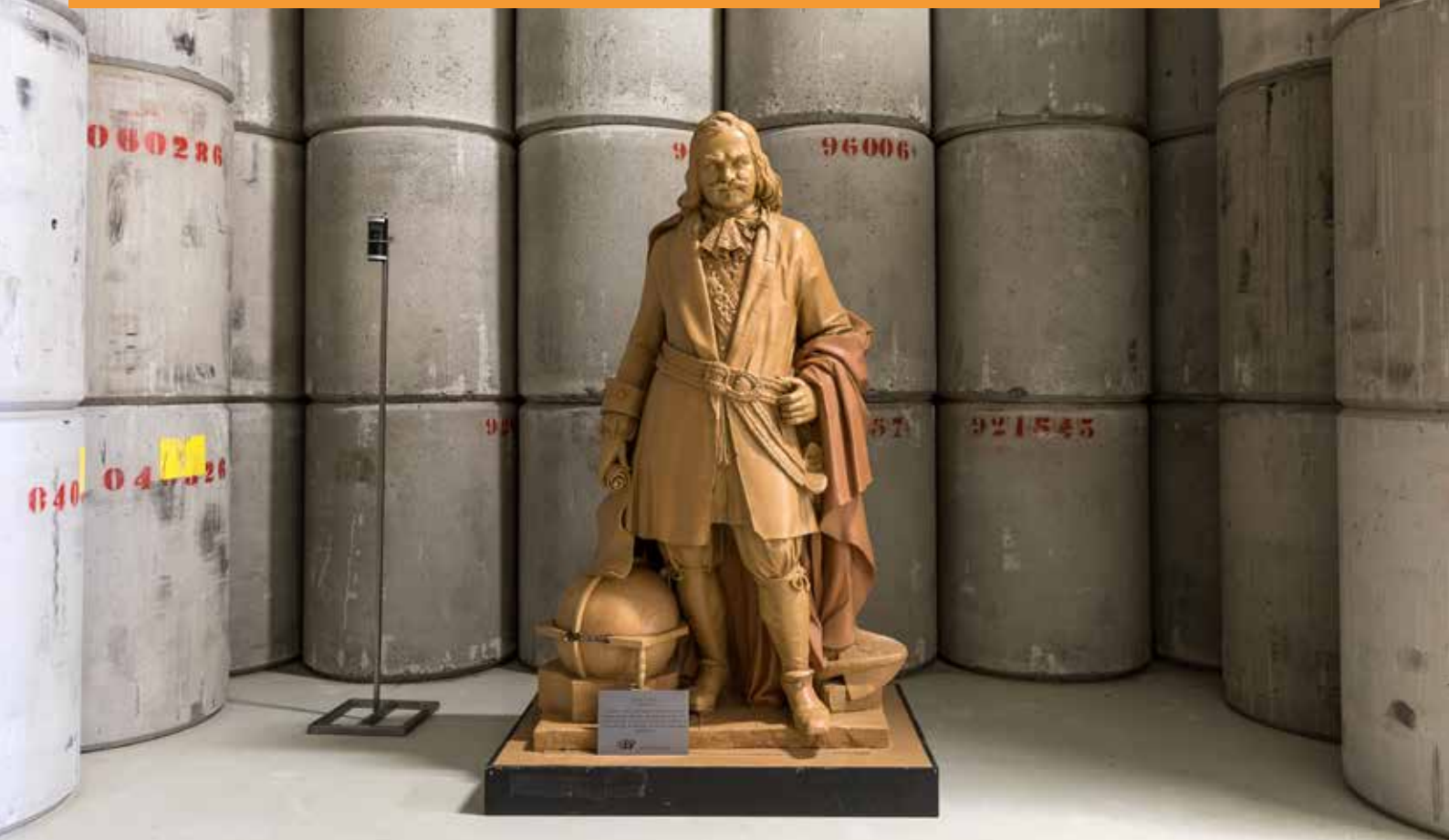
Op 6 februari 2018 is de richtlijn 2013/59/Euratom geïmplementeerd in de Nederlandse regelgeving. Dit betekent dat voor een groot aantal radionucliden de generieke vrijstelling en vrijgave zijn aangepast met als gevolg dat bepaalde materialen per 6 februari 2018 als radioactieve (rest- of afval)stof moeten worden aangemerkt en beheerd, waar dit voor deze datum niet het geval was. Voor enkele materialen is het tegenovergestelde van toepassing.

De implementatie van de richtlijn 2013/59/Euratom heeft voornamelijk impact op NORM-materialen die worden hergebruikt of worden gestort op de hiervoor aangewezen deponieën en niet zozeer op het NORM dat wordt afgevoerd naar COVRA. De beheer-routes voor de materialen die per 6 februari worden aangemerkt als radioactieve (rest- of afval)stof zijn ook veranderd. Voorheen konden deze afvalstoffen worden afgevoerd naar bijvoorbeeld een afvalverbrandingsinstallatie of een gewone deponie, maar sinds deze datum is de bewerking van deze materialen registratie- of vergunningsplichtig geworden.

De aanpassingen in de richtlijn hebben dus een impact op de totale hoeveelheid (massa/volume) als radioactieve rest- en afvalstoffen te beheren en af te voeren materiaal, in vergelijking met de periode daarvoor. De impact op de hoeveelheden rest- en afvalstoffen geldt vooral voor NORM afkomstig uit de sector Staalproductie. In de vorige rapportage is gerapporteerd dat er gemiddeld ongeveer 40 duizend m³ NORM-afval geproduceerd wordt per jaar. Het grootste deel van deze 40 duizend m³ was afkomstig uit de pigmentindustrie. Na inwerkingtreding van de richtlijn moeten ook bepaalde materialen afkomstig van de staalindustrie worden aangezien als radioactieve rest- of afvalstof. Dit heeft geleid tot een toename van ca. 52 duizend m³ NORM-afval.

Kort samengevat is de conclusie dat de NORM-afvalstromen voor het grootste deel bepaald worden door afval van de sector pigmentindustrie en de sector staalindustrie (in de periode 2018-2020 gemiddeld samen meer dan 95% van de massa/volume). Al deze NORM-stromen eindigen op de zogenoemde 'aangewezen deponieën', waarvan er momenteel drie operationeel zijn in Nederland.

Verdere informatie over de impact van de implementatie van de richtlijn 2013/59/Euratom en een prognose voor de toekomst van NORM is te lezen in de rapportage van het RIVM [\[7\]](#).



6. Conclusies en aanbevelingen

6.1 Hoeveelheden

Door de gekozen opzet van de combinatie van interviews, gegevens van COVRA over de productie en opslag van radioactief afval en de studie van het RIVM over radioactieve rest- en afvalstromen in Nederland, kan worden geconcludeerd dat de inventaris een goed beeld geeft van de verschillende soorten en de huidige omvang en productie van het radioactief afval in Nederland.

Vanwege de lange termijn verbonden aan het beheer van radioactief afval, verdient het aanbeveling de inventaris periodiek te actualiseren. Bij een volgende rapportage heeft het de voorkeur om een nadere studie van de mogelijke bestaande en nieuwe bronnen van radioactief afval uit te voeren. Er kunnen bijvoorbeeld tot op heden niet bekende toekomstige afvalstromen ontstaan bij drinkwaterbedrijven, rioleringen, oude stortplaatsen, thorium legeringen, slakkenwol, gasleidingen, papierfabrieken, etc. Het actief in beeld brengen van dit soort radioactief afval is belangrijk om een totaalbeeld te krijgen en het mogelijk te maken om tijdig maatregelen te treffen voor het beheer van dit afval. Tenslotte, gezien het belang van wet- en regelgeving, wordt aanbevolen na te gaan wat de invloed van wijzigingen hiervan is op soorten en hoeveelheden radioactief afval.

Daarnaast zou er kritisch gekeken kunnen worden naar het radiologische risico van afvalstoffen, wat als resultaat kan hebben dat bepaalde afvalstromen hierdoor misschien via een andere manier,

bijvoorbeeld via specifieke vrijgaveroutes, kunnen worden afgevoerd in plaats van af te voeren naar COVRA. Voor een volledig beeld van de toekomstige productie moet ook naar mogelijke bronnen uit het verleden worden gekeken, bijvoorbeeld oude uit gebruik genomen installaties of gehele bedrijfsterreinen. Andere bronnen kunnen ook systemen zijn waar (natuurlijke) radioactiviteit kan accumuleren en die niet onder de Kew vallen. Een voorbeeld hiervan is lood-210 en polonium-210 afkomstig van ertsverwerking. Ook kunnen mogelijke nieuwe bronnen in de toekomst ontstaan door het opstarten van nieuwe activiteiten.

Het kabinet wil in de nabije toekomst twee nieuwe kerncentrales bouwen, zo staat in het coalitieakkoord. In deze rapportage is de impact op de hoeveelheid radioactief afval van twee nieuwe kerncentrales, een nieuwe medische isotopenreactor en een fabriek voor medische isotopen meegenomen in de prognose naar de toekomst. Deze voorspelling is een schatting omdat er is uitgegaan van de huidige wijze van productie en (voor)bewerking en opslag van deze radioactief afvalstromen. Bij de interpretatie van de radioactief afval inventaris in 2130 moet uiteraard rekening gehouden worden met de in dit rapport vermelde aannames. Tijdens het afronden van dit rapport is de vergunningsaanvraag voor de PALLAS-reactor ingediend bij de ANVS. Nu er meer bekend is over deze PALLAS-reactor zal bij een volgende rapportage de hoeveelheden radioactief afval moeten worden geactualiseerd.

Schattingen voor de hoeveelheid m³ radioactief afval dat de eindberging in gaat, zijn gebaseerd op data uit de OPERA Safety Case [10] waarin de voorwaarden staan beschreven voor een ondergrondse bergingsfaciliteit in de kleilagen van Nederland. Momenteel wordt de safety case voor ondergrondse berging in kleilagen geüpdatet. In deze update zullen wat veranderingen zijn ten opzichte van de omvang van verpakkingen. Deze update zal in een volgende inventaris moeten worden meegenomen om een realistischer beeld te scheppen over de hoeveelheid m³ te bergen geconditioneerd radioactief afval in een ondergrondse bergingsfaciliteit. Daarnaast wordt er een safety case voor ondergrondse berging in zoutlagen in Nederland opgesteld. Deze safety case zou bij een volgende inventaris moeten worden meegenomen.

In de inventaris is er geen rekening gehouden met eventuele nieuwe verwerkingstechnologieën als een plasma- of verbrandingsoven, waardoor de totale hoeveelheid te bergen afval vermindert kan worden. Om een realistischer beeld te verkrijgen over de hoeveelheden die uiteindelijk naar de eindberging gaan moet een studie worden uitgevoerd over de impact van nieuwe verwerkingstechnologieën en de conditionering van dat afval voor het de eindberging in kan.

6.2 Kennis en competenties

Voor het verzamelen van cijfers en informatie voor rapportages zoals de afvalinventarisatie van COVRA en de studie van het RIVM over radioactieve rest- en afvalstromen in Nederland wordt gebruik gemaakt van zeer uiteenlopende documenten en administraties van derden. Het detailniveau, format, en soms ook eenheden verschillen bij diverse partijen, waardoor onderlinge vergelijking soms erg lastig is en een bewerking vaak noodzakelijk is. Bij deze bewerking moesten daarom soms aannames worden gedaan voor bijvoorbeeld soortelijke massa, vulgraad van verpakkingen, etc. Hierdoor is de kwaliteit van de cijfers soms lastig te garanderen. Voor rapportages is het in de basis erg belangrijk om over de juiste en accurate cijfers te beschikken. Dit kan alleen gegarandeerd worden door het ontwikkelen en onderhouden van een robuust en toegankelijk beheersysteem en te starten met een monitoring van de radioactieve rest- en afvalstromen in Nederland.

De afvalinventaris wordt naast het nationaal programma voor verschillende doeleinden gebruikt, zoals bijvoorbeeld voor de planning van COVRA, prognoses voor eindberging, toezicht, beleid en minimalisatie, etc. Het is belangrijk om de uitgangspunten voor bijvoorbeeld prognoses en het opstellen van nieuwe inventarissen af te stemmen op nationaal niveau. Het oprichten en in stand houden van een werkgroep hiervoor zou hieraan kunnen bijdragen.

Bijlagen

Bijlage 1 Afkortingen- & Begrippenlijst

ANVS	Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming
COVRA N.V.	Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval N.V.
HABOG	Hoogradioactief Afval Behandelings- en Opslag-Gebouw
HFR	Hoge Flux Reactor
HLW	High Level Waste
HOR	Hogere Onderwijs Reactor
HRA	Hoogradioactief afval
IAEA	International Atomic Energy Agency
I&W	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
ILW	Intermediate Level Waste
KCB	Kerncentrale Borssele
Kew	Kernenergiewet
LLW	Low Level Waste
LMRA	Laag- en middelradioactief afval
Nationaal programma	Nationaal programma radioactief afval
NORM	Naturally Occurring Radioactive Materials
PALLAS-reactor	Nieuwe medische isotopenreactor die de verouderde Hoge Flux Reactor in Petten gaat vervangen
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
SHINE	Amerikaanse onderneming die op innovatieve, veilige en duurzame wijze medische isotopen wil gaan produceren
TENORM	Technically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials
VLLW	Very Low Level Waste

Bijlage 2 Leidraad interviews

In de interviews zijn onder andere de volgende punten aan bod gekomen:

1. Bij welke processen ontstaan radioactieve rest- en afvalstoffen?
2. Productie en afvoer van radioactieve rest- en afvalstoffen:
 - a. Welke typen radioactieve rest- en afvalstoffen worden er – als gevolg van de reguliere bedrijfsvoering – binnen uw onderneming geproduceerd?
 - b. Hoeveel betreft dit per type in ton, m³ en/of Bq per jaar, gemiddeld over de periode 2018-2020?
 - c. Wat zijn de activiteit concentraties van deze rest- en afvalstoffen?
 - d. Wat zijn de belangrijkste fysische en chemische eigenschappen?
 - e. Wat is de afvoerbestemming voor deze stoffen?
 - f. Hoeveel en welke stromen zijn van 'buitenlandse oorsprong'?
3. Wat zijn uw verwachtingen voor de toekomst voor wat betreft de productie van radioactieve rest- en afvalstoffen als gevolg van de reguliere bedrijfsvoering?
4. Wat zijn de verwachte hoeveelheden en typen radioactieve rest- en afvalstoffen die in de toekomst zullen ontstaan ten gevolge van uiteindelijke ontmanteling van installaties?

Bijlage 3 Hoeveelheden HRA geconditioneerde vorm

Tabel 5: Hoeveelheid geconditioneerd HRA in 2030, 2050 en 2130 voor verschillende scenario's uitgedrukt in m³.

Scenario	2030	2050	2130
Basisscenario	217	238	238
Levensduur verlenging KCB	0	59	59
PALLAS	0	33	124
Twee nieuwe kerncentrales	0	97	3087
Totaal	217	427	3508

Bijlage 4 Verdeling warmteproducerend HRA en niet-warmteproducerend HRA

Tabel 6: Verdeling tussen het warmteproducerend en niet-warmteproducerend HRA uitgedrukt in m³.

Scenario	2050	Warmte %	Niet-warmte %	2130	Warmte %	Niet-warmte %
Basisscenario	191	45	55	191	45	55
Levensduur verlenging KCB	56	48	52	56	50	50
PALLAS	10	0	100	36	0	100
Twee nieuwe kerncentrales	91	48	52	2924	48	52
SHINE	360	0	100	540	0	100

Referenties

- [1]** RICHTLIJN 2011/70/EURATOM VAN DE RAAD van 19 juli 2011 tot vaststelling van een communautair kader voor een verantwoord en veilig beheer van verbruikte splijtstof en radioactief afval. OJ L 199, 2.8.2011, p. 48–56. 19 juli 2011.
- [2]** Richtlijn 2013/59/Euratom van de Raad van 5 december 2013 tot vaststelling van de basisnormen voor de bescherming tegen de gevaren verbonden aan de blootstelling aan ioniserende straling. OJ L 13, 17.1.2014, p. 1–73.
- [3]** Gezamenlijk Verdrag inzake de veiligheid van het beheer van bestraalde splijtstof en inzake de veiligheid van het beheer van radioactief afval; <https://wetten.overheid.nl/BWBV0001434/2001-06-18>.
- [4]** Besluit van 23 oktober 2017, houdende vaststelling van regels ter bescherming van personen tegen de gevaren van blootstelling aan ioniserende straling (Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming). Staatsblad 2017 404.
- [5]** <https://www.autoriteitnvs.nl/actueel/nieuws/2022/02/08/welke-rol-speelt-de-anvs-bij-de-mogelijke-komst-van-shine>. Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming. 8 februari 2022.
- [6]** Vergunningsaanvraagdocumenten SHINE Medical Technologies (Section 11.2 -<http://www.nrc.gov/docs/ML1921/ML19211C143.html>)
- [7]** M. van der Schaaf, P.D.B.M. Bekhuis, L.H.A. Boudewijns, Radioactieve rest- en afvalstromen in Nederland. Een inventarisatie. RIVM-rapport 2022-0073. 2022. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Bilthoven. 2022.
- [8]** Classification of radioactive waste: safety guide - Vienna: International Atomic Energy Agency 2009.
- [9]** Website Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming: Visual Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming - rest- en afvalstromen van nature voorkomende radionucliden (<https://www.autoriteitnvs.nl/documenten/publicatie/2018/12/27/visual-besluit-basisveiligheidsnormen-stralingsbescherming---rest--en-afvalstromen>)
- [10]** OPERA Safety Case van 20 december 2017.
- [11]** Inventaris radioactief afval in Nederland. COVRA N.V. September 2014.



Spanjeweg 1
4455 TW Nieuwdorp



Postbus 202
4380 AE Vlissingen



E: info@covra.nl
T: +31(0)113 616 666
