



Provinciale Staten

Clustercode WL
Ons kenmerk DOC-00541069
Uw kenmerk -
Bijlage(n) 2

Behandeld Bas Wetzelaer
Telefoon 0621130296
Maastricht 12 september 2023
Verzonden 12 september 2023

Onderwerp

Antwoord van Gedeputeerde Staten op schriftelijke vragen

Van het lid : Mevrouw P. Plusquin
Fractie : Partij van de Dieren
Inzake : Opslag van kernafval in Limburg en besluitvorming SMR's

Vraag 1.

In de artikelen van "De Limburger" worden specifiek zeven Limburgse gemeenten genoemd als mogelijke locatie voor eindberging van kernafval. Is het College bekend met het TNO-onderzoek genoemd in beide, hierboven genoemde artikelen van dagblad "De Limburger"? Zo nee, hoe kan het dat u als College niet van het onderzoek op de hoogte was?

Antwoord.

Het College is bekend met het betreffende [TNO-onderzoek](#) uit 2014. Zo is het onderzoek onlangs nog ter sprake gekomen tijdens een door Provincie Limburg georganiseerd [symposium](#) van 13 april j.l voor onder andere alle Limburgse gemeentes (ambtelijk, bestuurlijk en raadsleden) en uw Staten. De betreffende presentatie waarin de COVRA, eindverantwoordelijk voor al het Nederlandse radioactief afval, het TNO-onderzoek aanhaalt, kunt u nog terugzien (zie voetnoot).¹

Het College onderschrijft overigens niet de analyse van de Limburger dat specifiek zeven Limburgse gemeente in beeld zouden zijn voor de eindberging van kernafval. Het TNO-onderzoek uit 2014 geeft slechts een generiek (niet-locatie specifiek) beeld waar de eindberging geologisch gezien mogelijk zou kunnen zijn.

¹ <https://prvlimburg.bbvms.com/view/previewplayer/5504228.html?placementOption=default>



Vraag 2.

Bent u voornemens om, eventueel, mee te werken aan de mogelijkheid om kernafval op te bergen in Limburgse grond?

Antwoord.

Het college kan momenteel nog niet eenduidig antwoorden op deze vraag. Hierbij spelen de volgende overwegingen. Het huidige voornemen is om in Nederland de eindberging vanaf 2100 te gaan realiseren. Het is daarbij voorzien dat er in de komende jaren geen locatiekeuze wordt gemaakt noch een keuze voor opslag in klei of in zout. De besluitvorming over eindberging van radioactief afval is dus een lange termijn proces dat stapsgewijs uitgevoerd zal worden.

Zoals ook opgenomen in het coalitieakkoord, op basis van het lopende haalbaarheidsonderzoek en consortiumvorming naar kernenergie met 'Small Modular Reactors' (SMR's), worden mogelijke vervolgstappen genomen. Hierbij kijken wij met grote aandacht naar aspecten van veiligheid en voorgestelde oplossingen voor afval. De Rijksoverheid en de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) zijn en blijven verantwoordelijk. In de context van deze vraag verwijzen we dan ook naar het [nationale programma radioactief afval](#) waarin is beschreven hoe Nederland nu en in de toekomst omgaat met radioactief afval.

Vraag 3.

Zo ja, op welke wijze gaat u de inwoners van Limburg beschermen tegen de gevaren die kernafval met zich meebrengt? Heeft u daartoe ook de wettelijke bevoegdheden, of is dit geheel en al overgelaten aan de landelijke overheid?

Antwoord.

Zodra er zicht is rondom het besluitvormingsproces over hoe in de toekomst zal worden besloten over de eindberging, zullen ook kwesties als wettelijke bevoegdheden aan de orde komen.

Vraag 4.

Bent u ervan op de hoogte dat het voorgestelde gebied een aardbevingsgevoelig gebied is?² Vindt u dat het genoemde gebied, los van het feit dat zich daar "Boomse klei" bevindt, geschikt is voor eindberging? Zo ja, wat zijn uw bevindingen? Zo nee, laat u een en ander onderzoeken zodat u daar een gedegen mening over kunt vormen?

Antwoord.

Het college is op de hoogte dat aardbevingsgevoeligheid een rol speelt bij de uiteindelijke realisatie van het eindbergingsconcept rondom radioactief afval. Door het ontbreken van besluitvorming over de wijze waarop en waar radioactief afval geborgen gaat worden, acht het College het momenteel te prematuur uitspraken dan wel onderzoek te doen over de (on)geschiktheid van Limburgse bodem voor eindberging.

Vraag 5.

In antwoord op schriftelijke vragen geeft het College aan dat de SMR-alliantie o.a. het maatschappelijk debat over SMR's gaat faciliteren. Bent u bereid om inwoners van Limburg en omstreken te laten deelnemen aan de SMR-alliantie, anders dan in "inspraakrondes en bezwaarprocedures"? Zo nee, waarom niet?

² [Kaarten | Atlas Leefomgeving](#)



Antwoord.

De alliantie bestaat uit partners die een mogelijke rol hebben bij de realisering van een SMR. De alliantie is er onder andere om met inwoners in gesprek te gaan. Dat proces wordt momenteel vormgegeven. Tevens is de afgelopen maanden gesproken met bijna alle gemeenten van Limburg. Daarnaast zijn en blijven we met maatschappelijke organisaties in gesprek.

Vraag 6 en 7

Houdt dit in dat ook onafhankelijke en kritische experts, zoals bijv. dhr. Damveld, bij de alliantie betrokken worden? Zo nee, zal dhr. Damveld worden uitgenodigd voor bijeenkomsten in het kader van het maatschappelijk debat?

Zo nee, kunt u dan een reactie geven op het bijgevoegde overzichtsartikelen van dhr.

Damveld "Nieuwe kleinere kerncentrales in vogelvlucht" en "opslag kernafval in vogelvlucht" (separate bijlage)?

Antwoord.

Nee, nog niet gesproken. Maar het college blijft uiteraard in gesprek met alle relevante experts op het gebied van kernenergie. Bij de voortgangsrapportage van de SMR-alliantie, welke 2024 wordt verwacht, zullen wij een algemene reflectie geven van alle gesprekken die zijn gevoerd op het gebied kernenergie.

Vraag 8.

Kunt u een inschatting geven, nu of in een latere fase, van de te verwachten kosten vanaf onderzoek tot en met realisatie en eindberging/ontmanteling van een Limburgs SMR-project? Hoeveel van die kosten gaat de provincie Limburg zelf dragen?

Antwoord.

Het is aan private partijen om daadwerkelijk SMR-projecten financieel te realiseren. De alliantie is er alleen om partijen (industriële afnemers in Limburg en SMR-leveranciers) bij elkaar te brengen en om kennis te delen en het maatschappelijk debat te faciliteren. Hoeveel een SMR kost, zal vooral afhangen van de grootte van de specifieke SMR. Andere kosten zoals u noemt, zullen mee variëren. Conform het coalitieakkoord is de Provincie Limburg niet voornemens om financieel bij te dragen aan de realisatie van een SMR. De SMR-leveranciers zijn hier ook niet op uit. De projecten (indien ze tot de realisatiefase komen) worden volledig privaat gefinancierd.

Vraag 9.

Hoe groot is de evacuatiecirkel bij een kernramp met een SMR? Kan worden uitgesloten dat een SMR in de omgeving van het Chemelot-terrein wordt gevestigd? Zo nee, waarom niet?

Antwoord.

Er bestaat geen vaste afstandsnorm voor een SMR. De ANVS (Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming) stelt dit vast en dit zal ook per specifieke SMR anders kunnen zijn. Bij een vergunningaanvraag moet de aanvrager (SMR-leverancier) aantonen dat de centrale veilig gebouwd en in bedrijf kan worden genomen en deze dus voldoet aan de laatste stand der techniek, waarin bepaalde extreme situaties al zijn meegenomen. De presentatie die de ANVS heeft gegeven tijdens het symposium en die dieper in gaat op de regelgeving treft u in de voetnoot aan.³

³ <https://prvlimburg.bbvms.com/view/previewplayer/5504140.html?placementOption=default>



In deze fase is de SMR-alliantie allereerst een rondgang langs alle Limburgse gemeentes aan het maken om kennis te delen over de (on)mogelijkheden van SMR's en politiek draagvlak te peilen. Ook ligt de focus op het in kaart brengen van factoren die locaties meer of minder geschikt maken. Naast bovengenoemde veiligheidseisen, zijn dit onder andere factoren als elektriciteitsvraag in de nabijheid of infrastructuur om elektriciteit te kunnen transporteren. Maar zeker ook maatschappelijke inbedding. Er vindt in deze fase geen onderzoekende locatiekeuzes plaats.

Vraag 10.

Nucleaire opwekking in Limburg gaat ook nucleair afval opleveren. Vindt u het ethisch aanvaardbaar om bij productie door SMR's in Limburg andere provincies met het probleem van de afvalberging te belasten?

Antwoord.

Het College realiseert zich allereerst dat er vele ethische vragen spelen in het maatschappelijk debat omtrent de (on)wenselijkheid van kernenergie, zoals hoe willen wij als maatschappij omgaan met dit afval, welke risico's zijn wij bereid te lopen, nemen wij zelf een besluit of laten we dat over aan toekomstige generaties? Hoe werkt Nederland hierin samen met andere landen? En in de nationale context, hoe stellen regio's zich op waar mogelijk in de toekomst naar verhouding meer kernafval geproduceerd gaat worden?

De regie voor de beantwoording van dit soort vragen rondom ethische aanvaardbaarheid ligt echter bij de landelijke politiek, zie [nationale programma radioactief afval](#), maar de lokale/provinciale bestuurders dragen ook verantwoordelijkheid om uiteenlopende ethische opvattingen over eindberging van nucleair afval een plek te geven in het debat. Zoals gezegd bij de beantwoording van vraag 5 onderzoeken we momenteel hoe het maatschappelijk debat over kernenergie met onze inwoners moet worden vormgegeven en zijn daarover allereerst in gesprek met maatschappelijke organisaties en gemeenten.

Hierbij handelt het college in lijn met het coalitieakkoord waarbij met grote aandacht gekeken wordt naar aspecten van veiligheid en voorgestelde oplossingen voor afval. De Rijksoverheid en de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) zijn en blijven verantwoordelijk. Zij staan aan de lat voor eventuele realisatie, bekostiging, uitvoering, nucleaire veiligheid, stralingsbescherming en regels rondom opslag van kernafval.

Gedeputeerde Staten van Limburg

voorzitter

secretaris



**Partij voor
de Dieren**

Statenfractie Limburg

Aan: Het college van gedeputeerde staten van de provincie Limburg
Postbus 5700
6202 MA Maastricht

Maastricht, 17 juli 2023

Schriftelijke vragen over Opslag van kernafval in Limburg en besluitvorming SMR's

Geacht College,

Uit TNO-onderzoek blijkt dat zeven gemeenten in het midden van Limburg in beeld zijn als mogelijk geschikte locatie voor de opslag van kernafval. Al deze gemeenten wisten van niets, totdat *De Limburger* hen om een reactie vroeg.

Op 18 juni 2023 stond er in dagblad "De Limburger" een artikel: "Wordt Limburg een opslagplaats voor kernafval? 'We zijn verbaasd dat er nauwelijks discussie is'" (http://www.limburger.nl/cnt/dmf20230616_94307990). Eerder, 14 juni 2023, stond in datzelfde dagblad een commentaar met als titel: "Commentaar: Dat zeven Limburgse gemeenten niet wisten dat zij in beeld zijn als mogelijke locatie voor de opslag van kernafval is eigenlijk onvoorstelbaar" (http://www.limburger.nl/cnt/dmf20230614_93169022)

Definitieve opslag van kernafval, is een heel grote stap om te zetten, die toekomstige generaties tot in lengte van jaren belast, en waarover in ieder geval volledige transparantie moet bestaan. De fractie van de Partij voor de Dieren heeft hierover de volgende vragen.

1. In de artikelen van "De Limburger" worden specifiek zeven Limburgse gemeenten genoemd als mogelijke locatie voor eindberging van kernafval. Is het College bekend met het TNO-onderzoek genoemd in beide, hierboven genoemde artikelen van dagblad "De Limburger"? Zo nee, hoe kan het dat u als College niet van het onderzoek op de hoogte was?
2. Bent u voornemens om, eventueel, mee te werken aan de mogelijkheid om kernafval op te bergen in Limburgse grond?
3. Zo ja, op welke wijze gaat u de inwoners van Limburg beschermen tegen de gevaren die kernafval met zich meebrengt? Heeft u daartoe ook de wettelijke bevoegdheden, of is dit geheel en al overgelaten aan de landelijke overheid?
4. Bent u ervan op de hoogte dat het voorgestelde gebied een aardbevingsgevoelig gebied is?¹ Vindt u dat het genoemde gebied, los van het feit dat zich daar "Boomse klei" bevindt, geschikt is voor eindberging? Zo ja, wat zijn uw bevindingen? Zo nee, laat u een en ander onderzoeken zodat u daar een gedegen mening over kunt vormen?

¹ (<https://www.atlasleefomgeving.nl/kaarten?config=3ef897de-127f-471a-959b-93b7597de188&activeTools=layercollection,search,info,bookmark,measure,draw,koeltorens&activateOnStart=layercollection&layerFilter=Alles%20tonen&gm-x=149999.999999999994&gm-y=460000&gm-z=3&gm-b=1544180834512,true,1;1638279896162,true,1;1638279896160,true,1;1604313424706,false,1;1555409892827,false,1>)

Voor de plaatsing van zgn. SMR's is een voorbereidingsproces opgestart, waarin de "SMR-alliantie" een cruciale rol speelt. Het College vervult hierbij de rol van trekker.

5. In antwoord op schriftelijke vragen² geeft het College aan dat de SMR-alliantie o.a. het maatschappelijk debat over SMR's gaat faciliteren. Bent u bereid om inwoners van Limburg en omstreken te laten deelnemen aan de SMR-alliantie, anders dan in "inspraakrondes en bezwaarprocedures"? Zo nee, waarom niet?
6. Houdt dit in dat ook onafhankelijke en kritische experts, zoals bijv. dhr. Damveld³, bij de alliantie betrokken worden? Zo nee, zal dhr. Damveld worden uitgenodigd voor bijeenkomsten in het kader van het maatschappelijk debat?
7. Zo nee, kunt u dan een reactie geven op het bijgevoegde overzichtsartikelen van dhr. Damveld "Nieuwe kleinere kerncentrales in vogelvlucht" en "opslag kernafval in vogelvlucht" (separate bijlage) ?
8. Kunt u een inschatting geven, nu of in een latere fase, van de te verwachten kosten vanaf onderzoek tot en met realisatie en eindberging/ontmanteling van een Limburgs SMR-project? Hoeveel van die kosten gaat de provincie Limburg zelf dragen?
9. Hoe groot is de evacuatiecirkel bij een kernramp met een SMR? Kan worden uitgesloten dat een SMR in de omgeving van het Chemelot-terrein wordt gevestigd? Zo nee, waarom niet?
10. Nucleaire opwekking in Limburg gaat ook nucleair afval opleveren. Vindt u het ethisch aanvaardbaar om bij productie door SMR's in Limburg andere provincies met het probleem van de afvalberging te belasten?

Wij verzoeken u vriendelijk deze vragen te beantwoorden binnen de in het reglement van orde vastgelegde termijn, waarvoor dank.

Met vriendelijke groet,

Pascale Plusquin
Partij voor de Dieren

² <https://limburg.bestuurlijkeinformatie.nl/Reports/Document/4ee94991-4a54-48d2-abc6-0dd10ab51700?documentId=2ed7ae6f-a887-468b-993b-be4715b4ae19>

³ Zie o.a. H. Damveld "Nieuwe kleinere kerncentrales in vogelvlucht", als bijlage bij deze vragen gevoegd.

BIJLAGE

Nieuwe, kleinere kerncentrales in vogelvlucht

Herman Damveld

Sinds een paar jaar wordt de bouw van kerncentrales met een vermogen van 30 tot 470 Megawatt (MW) naar voren geschoven als oplossing voor de energieproblemen. Ze heten Small Modular Reactor (SMR), dit in tegenstelling tot de kerncentrales van 1.000 tot 1.650 MW die nu in aanbouw zijn. Het lijkt veelal alsof de term SMR doelt op één type kerncentrales, terwijl het in werkelijkheid over tientallen mogelijke typen gaat. Een besluit tot de bouw van een SMR in Nederland is niet voor het jaar 2033 te verwachten, terwijl het ook onduidelijk is hoeveel kernaafval een SMR jaarlijks produceert.

Small Modular Reactor (SMR), wat en waarom?

Een kernreactor wordt klein genoemd, wanneer het elektrisch vermogen kleiner is dan 500 MW maar groter dan 50 MW. Bij een vermogen van 20-50 MW spreken we over een mini- of micro-SMR.ⁱ Ter vergelijking: de kernreactor in Borssele is 485 MW.ⁱⁱ De kerncentrale Dodewaard die van 1969 tot 1997 elektriciteit produceerde was 58 MW.ⁱⁱⁱ

Bij de ontwikkeling van nieuwe kleine reactoren is de inzet om ze modulair en fabrieksmatig te bouwen. Dan is het een SMR: Small Modular Reactor. ‘Small’ verwijst naar het elektrisch vermogen van de centrale, maar zegt niets over de grootte van de centrale. De fabrieksmatige aanpak betekent dat men hoopt de kosten beter te kunnen beheersen. Ter plekke kunnen dan een paar kerncentrales naast elkaar komen te staan. Ook hoopt men dat de gevolgen van een groot ongeluk met een kleinere kerncentrale minder erg en verstrekkend zullen zijn dan bij de huidige kerncentrales. Na een ernstig ongeluk met de kerncentrale Borssele moet een gebied tot op 10 kilometer afstand geëvacueerd worden. Bij een SMR zou het gebied kleiner zijn. Het bewijs hiervoor moet echter nog geleverd worden.

SMR als verzamelnaam voor 23 tot 60 mogelijke kerncentrales

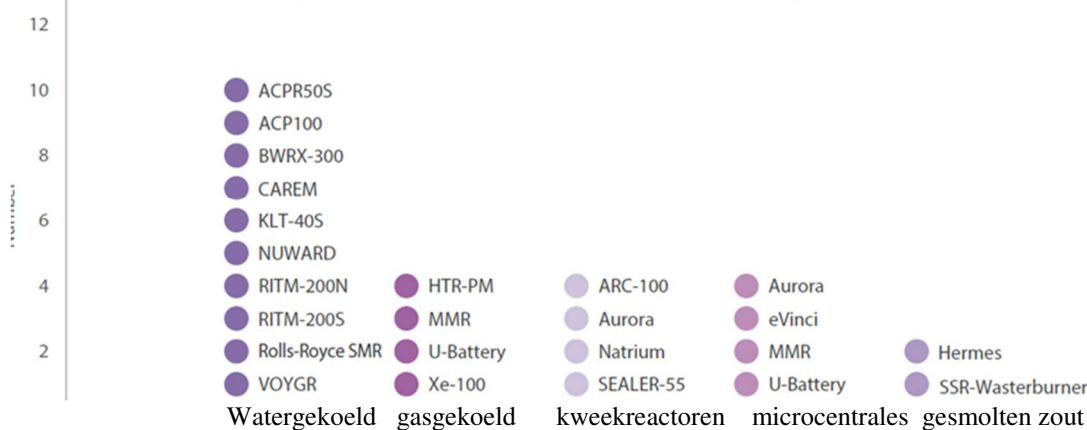
Het International Atomic Energy Agency (IAEA) in Wenen gaf in 2020 een overzicht van 60 mogelijke SMR's met een vermogen tussen 30 en 300 Megawatt (MW).^{iv} Wat betreft het vermogen zijn ze vergelijkbaar met kerncentrales die tussen 1960 en 1975 gebouwd werden, staat in een in december 2021 verschenen rapport van het Oostenrijkse Forum Wissenschaft & Umwelt. Daarna werden de kerncentrales steeds groter, omdat men op die manier schaalvoordelen zou behalen en de kostprijs per kWh zou dalen. De ervaring heeft sindsdien geleerd dat de kostprijs van elektriciteit uit kerncentrales niet gedaald is en daarom wordt nu op SMR's met een kleiner vermogen teruggegrepen.^v

Op 13 maart 2023 verscheen een rapport van het Nucleair Energie Agentschap (NEA) in Parijs met een overzicht van 24 SMR's met een vermogen van 30 tot 470 MW, die wereldwijd in ontwikkeling zijn. Sommige daarvan zouden kort voor het jaar 2030 te koop zijn en andere later (zie figuur 1).^{vi} Of dat zal lukken is zeer de vraag, blijkt uit een op 14 maart 2023 verschenen rapport van prof. Steve Thomas van de Greenwich University in Engeland. Thomas komt tot zijn conclusie na een analyse van zeven SMR-ontwerpen die mogelijk in Engeland gebouwd zouden kunnen worden, zoals het ontwerp van Rolls-Royce.^{vii} Uit een op 2 juni 2023 gepubliceerd rapport van Gregory Jaczko, die van 2005 tot 2012 voorzitter was van de Amerikaanse Commissie voor Nucleaire Regelgeving (U.S. Nuclear Regulatory Commission), blijkt dat de Amerikaanse regering van 2012 tot 2016 zo'n 450 miljoen dollar subsidie heeft gegeven voor de ontwikkeling van SMR's. Behalve het ontwerp

van de zogeheten Nuscale reactor heeft dit niets opgeleverd.^{viii} Eveneens in juni 2023 verscheen een overzicht van 23 SMR's die in Groot-Brittannië genoemd worden.^{ix}

Figuur 1

Overzicht kleine tot grotere kerncentrales in ontwikkeling



Bron: https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_78743/the-neo-small-modular-reactor-dashboard, 13 maart 2023.

Drie veel genoemde concepten

Uit een overzichtsartikel van Wim Turkenburg van juli 2023 blijkt dat drie concepten vaak genoemd worden in de media: de Rolls-Royce reactor, de Nuscale reactor en de Hitachi BWRX-300.^x Een toelichting.

Rolls-Royce is de producent van reactoren voor de Engelse kernonderzeeërs. Het bedrijf besloot een aantal jaren geleden een zogeheten kleine modulaire drukwaterreactor te ontwikkelen en heeft daarvoor een aparte firma opgericht: Rolls-Royce SMR Ltd.^{xi} De Engelse regering besloot op 9 november 2021 een subsidie van omgerekend 246 miljoen euro te verstrekken voor de ontwikkeling van een kerncentrale met een vermogen van 470 Megawatt. Het ontwerp moest na 5 jaar rijp zijn voor een bouwvergunning, was het plan. Deze eerste kleinere kerncentrale gaat omgerekend 2,4 miljard euro kosten.^{xii} Dat is 5.100 euro per kilowatt. In maart 2023 bleek dat Rolls-Royce verwachtte dat de eerste reactor begin jaren 2030 in bedrijf zou kunnen komen.^{xiii}

Rolls-Royce SMR Ltd heeft in februari 2017 aangegeven dat zelfs een binnenlandse markt van 14 kerncentrales niet voldoende is en dat bestellingen uit het buitenland nodig zijn om op den duur financieel uit te kunnen.^{xiv} Vandaar het zoeken naar verkoop aan andere landen, zoals Nederland.

Rolls-Royce wil een groot deel van de kerncentrale in een fabriek klaarmaken. In juli 2022 werd bekend dat er een paar mogelijke locaties zijn voor een dergelijke fabriek. De bouw zal echter pas beginnen als er een vergunning is voor een reeks kerncentrales.^{xv}

Pas dan komen we te weten hoe het gesteld is met de veiligheid en de kosten van dit type kerncentrale. In afwachting van de noodzakelijke extra subsidie zette Rolls-Royce op 24 februari 2023 de verdere ontwikkeling van de kerncentrale op een lager pitje wegens financiële problemen en tegenvallende orders.^{xvi}

De **Nuscale** reactor is een drukwaterreactor (PWR) met een vermogen van ca. 77 MW. Het is de bedoeling dat hiervan 4, 6, 8, 10 of 12 eenheden bij elkaar in 'een bak water' in de kerncentrale worden geplaatst. De centrale zou hierdoor een vermogen van 308 tot 924 MW krijgen. De ontwikkeling van deze reactor begon in 2003.^{xvii} In januari 2023 bleek dat de reactor 53% duurdere stroom zou leveren.^{xviii} Toch heeft het Amerikaanse ministerie 1,4

miljard dollar subsidie toegekend.^{xxix} De bouwaanvraag voor een eerste centrale in Idaho (USA) zal naar verwachting begin 2024 ingediend en medio 2026 goedgekeurd worden.^{xx}

In december 2021 heeft het Canadese bedrijf Ontario Power Generation (OPG) besloten bij Darlington een kerncentrale van 300 MW te gaan bouwen, de **BWRX-300**, een ontwerp van GE Hitachi Nuclear Energy.^{xxi} OPG hoopte snel een bouwvergunning te krijgen, opdat de kerncentrale in 2028 in bedrijf kon komen.^{xxii} De bouwkosten werden begroot op 3.333 \$/kW (3.000 euro/kW) en deze kosten zouden bij serieproductie kunnen dalen naar 2.250 \$/kW (2.000 euro/kW).^{xxiii} In februari 2023 verwachtte OPG in 2024 een bouw- en bedrijfsvergunning te krijgen, waarna OPG definitief tot de bouw zal besluiten.^{xxiv}

Economisch en technisch haalbaar?

Alle nieuwe kernenergieprojecten zijn economisch en technisch niet haalbaar en ook niet zinvol. Dat blijkt uit een op 7 maart 2023 verschenen analyse van onderzoekers van het Duitse Instituut voor Economisch Onderzoek (DIW). “Kernenergie was, is en blijft technologisch riskant en onrendabel. Ook zogenaamd innovatieve reactorconcepten als de SMR’s, die in werkelijkheid hun oorsprong hebben in de begindagen van kernenergie in de jaren 1950/60, veranderen dit niet,” stelde Christian von Hirschhausen, onderzoeksdirecteur van de afdeling Energie, Transport en Milieu van het DIW. Daarom kan kernenergie geen kosteneffectieve en tijdige bijdrage leveren aan de energievoorziening.^{xxv}

In een op 27 juni 2023 verschenen studie in opdracht van het DIW analyseren de auteurs vijftien SMR-projecten waarvan voldoende gegevens beschikbaar zijn. Elektriciteit van deze SMR’s zal duurder zijn dan stroom van de huidige zonnepanelen, windmolens of gascentrales.^{xxvi}

Bouwbesluit in Nederland niet voor 2033

In de westerse wereld zullen de eerste SMR’s naar verwachting pas rond 2030 in bedrijf komen, stelt Turkenburg, waarschijnlijk in Noord-Amerika en het Verenigd Koninkrijk: “Pas daarna komen ze mondiaal op de markt. In ons land zullen commercieel en marktconform opererende partijen de resultaten van deze SMR’s willen afwachten, voordat ze besluiten een bepaalde SMR te bouwen. Zo’n besluit valt daarom in ons land, zonder financiële steun van de overheid, niet voor 2033 te verwachten.”^{xxvii}

Het nucleaire onderzoeksinstituut NRG in Petten bracht op 17 mei 2023 een rapport uit met eenzelfde conclusie. Het rapport ging over de bouwtijd van een SMR die al ergens in bedrijf is, dat heet nummer N (NOAK, de n^{de} van een type): er is “een minimale doorlooptijd van circa 7 jaar voor het traject van vergunningverlening en bouw van een NOAK SMR (Nth of a kind),” mits “de technologie voldoende bewezen/volwassen is om te beoordelen in een vergunningsproces en of de nodige voorzieningen in toereikende mate beschikbaar zijn, zoals financiering, toeleveringsketen, expertise en capaciteit. Een leverancier met voldoende kennis, ervaring en capaciteit in de toeleveringsketen is essentieel.”^{xxviii}

Hoeveel kernafval per kilowattuur?

Onderzoekers van Stanford University concludeerden in mei 2022 in het tijdschrift PNAS dat SMR’s wat betreft volume mogelijk 2 tot 30 keer meer radioactief afval produceren, afhankelijk van het type SMR. De conclusie is gebaseerd op een analyse van drie SMR’s: de oorspronkelijke NuScale iPWR (ruim 2 x meer kernafval), de natrium-gekoelde Toshiba 4S reactor (5 x meer kernafval), en de Terrestrial Energy IMSR (30 x meer kernafval).^{xxix} Het Amerikaanse Department of Energy daarentegen stelde in november 2022 dat “de

afvalkenmerken van de onderzochte SMR's zowel enkele overeenkomsten met de huidige lichtwaterreactor vertonen als enkele potentieel significante verschillen, zowel positief als negatief".^{xxx} Om hoeveel kernaafval per SMR het gaat, zal nog moeten blijken.

-
- ⁱ <https://milieu.vvm.info/milieu-2023-3-kernenergie/>, juli 2023, nr. 3.
- ⁱⁱ <http://epz.nl/kernenergie>.
- ⁱⁱⁱ <http://www.kernenergieinnederland.nl/node/701>
- ^{iv} https://aris.iaea.org/Publications/SMR_Book_2020.pdf
- ^v https://fwu.at/wp-content/uploads/OeSMR_FWU-2021_final.pdf, december 2021.
- ^{vi} https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_78743/the-neo-small-modular-reactor-dashboard, 13 maart 2023.
- ^{vii} <https://www.sgr.org.uk/publications/responsible-science>, 14 maart 2023.
- ^{viii} <https://www.samuellawrencefoundation.org/post/first-friday-series-june-2nd-2023>, 2 juni 2023.
- ^{ix} <https://www.no2nuclearpower.org.uk/wp/wp-content/uploads/2023/06/nuClearNewsNo142.pdf>, juni 2023.
- ^x <https://milieu.vvm.info/milieu-2023-3-kernenergie/>, juli 2023, nr. 3.
- ^{xi} <https://www.rolls-royce.com/innovation/small-modular-reactors.aspx#/>
- ^{xii} www.no2nuclearpower.org.uk/wp/wp-content/uploads/2021/11/nuClearNewsNo135.pdf, 11 november 2021.
- ^{xiii} <https://www.neimagazine.com/news/newsrolls-royce-smr-faces-financial-problems-10648145>, 3 maart 2023.
- ^{xiv} <https://www.parliament.uk/business/committees/committees-a-z/lords-select/science-and-technology-committee/news-parliament-2015/nuclear-research-technology-report-published>, februari 2017.
- ^{xv} <https://www.rolls-royce-smr.com/press/rolls-royce-smr-shortlists-locations-for-first-factory>, 4 juli 2022.
- ^{xvi} <https://www.telegraph.co.uk/business/2023/02/24/rolls-royce-freezes-hiring-mini-nukes-team/>, 24 februari 2023.
- ^{xvii} https://d3n8a8pro7vhmx.cloudfront.net/oregonpsrorg/pages/21/attachments/original/1600287829/EyesWideShut_Report_Final-30August2020.pdf.
- ^{xviii} <https://ieefa.org/resources/eye-popping-new-cost-estimates-released-nuscale-small-modular-reactor>.
- ^{xix} <https://seekingalpha.com/article/4569771-nuscale-smr-technology-costs-problematic>.
- ^{xx} <https://www.nuscalepower.com/en/projects>,
- ^{xxi} <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/OPG-chooses-BWRX-300-SMR-for-Darlington-new-build>, 2 december 2021.
- ^{xxii} <https://nuclear.gepower.com/build-a-plant/products/nuclear-power-plants-overview/bwrx-300>
- ^{xxiii} https://aris.iaea.org/PDF/BWRX-300_2020.pdf.
- ^{xxiv} <https://www.kernvisie.com/actueel/nieuws/canada-krijgt-in-2028-al-een-kleine-modulaire-kokendwaterreactor.html>, februari 2023.
- ^{xxv} https://www.diw.de/de/diw_01.c.867801.de/neue_kernkraftprojekte_technisch_riskant_und_unrentabel.html, 7 maart 2023.
- ^{xxvi} <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544223015980?s=09>, 27 juni 2023.
- ^{xxvii} <https://milieu.vvm.info/milieu-2023-3-kernenergie/>, juli 2023, nr. 3.
- ^{xxviii} <https://wisenerland.nl/wp-content/uploads/2023/05/SmallModularReactors2023-Marktanalyse-2.pdf>, mei 2023.
- ^{xxix} <https://doi.org/10.1073/pnas.2111833119>
- ^{xxx} https://fuelcycleoptions.inl.gov/SiteAssets/SitePages/Home/SMR_Waste_Attributes_Report_Final.pdf, 18 november 2022.

Opslag kernafval in vogelvlucht

Herman Damveld

1. Op 30 mei 2023 maakte de regering bekend dat er een routekaart gaat komen voor de eindberging (definitieve opslag) van kernafval.^{1 2} Daarbij valt op dat de regering het heeft over eindberging, maar dat de woorden ‘zoutkoepel’ of ‘kleilaag’ niet worden genoemd. Die leemte vullen we hier aan.
2. De regering heeft het over een routekaart naar de definitieve opslag van kernafval in het jaar 2130, echter zonder aan te geven wat daarmee precies bedoeld wordt. Naar onze mening heeft een routekaart alleen maar zin als je weet wat de eindbestemming is, anders is zo’n kaart nutteloos. Ook het vervoermiddel ernaartoe is van belang. Het maakt immers uit of je met de trein of met de auto gaat. Hoe de regering de routekaart ziet, blijft echter vaag omdat het vervoermiddel en de mogelijke eindbestemming niet worden genoemd.
3. De regering wil al vanaf 1976 opslag van kernafval in de noordelijke zoutkoepels realiseren (Ternaard in Friesland; Pieterburen en Onstwedde in de provincie Groningen; Schoonloo, Gasselte-Drouwen, Hooghalen en Anloo in Drenthe).^{3 4 5} Daarnaast komen in verschillende delen van Nederland mogelijk geschikte kleilagen voor, die op ten minste 500 meter diepte liggen en minstens 100 meter dik zijn. Genoemd worden kleilagen vlak onder Schiermonnikoog, de zuidelijke helft van Friesland, Gelderland, Brabant, Limburg, de Noordoostpolder en Noord-Holland.^{6 7 8 9 10} Zie figuur 1 en 2. Een besluit is echter nooit genomen, het bleef bij de aankondiging van plannen en een herhaling van zetten.
4. Kerncentrales draaien op uranium. Dit uranium wordt gewonnen uit erts en ondergaat daarna verschillende bewerkingen met als resultaat de brandstofelementen voor de kerncentrale. Bij elk van deze stappen ontstaat radioactief afval. De gebruikte brandstofelementen bevatten echter radioactief afval dat een miljoen jaar gevaarlijk blijft.¹¹ Is het ethisch verantwoord om eerst kernafval te maken en pas later te zoeken naar een veilige opberging?^{12 13} De regering gaat voorbij aan deze vraag.
5. In Zeeland is de bovengrondse opslag van radioactief afval gevestigd bij de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA). Daarbij gaat het volgens de COVRA om een opslag voor honderd jaar.¹⁴ De vraag blijft hoe een veilige opslag de resterende 999.900 jaar gewaarborgd wordt.
6. De COVRA bevindt zich buitendijks en moet in de komende 100 jaar ook volgens de Commissie voor de milieueffectrapportage rekening houden met de toenemende kans op overstromingen vanwege de klimaatverandering.¹⁵ Komt de COVRA onder water te staan?
7. De Duitse zoutkoepel Asse in de deelstaat Nedersaksen was hét voorbeeld voor Nederland om ook kernafval in zoutkoepels op te slaan.^{16 17} In de zoutkoepel Asse stroomt echter jaarlijks 4,4 miljoen liter water naar binnen.¹⁸ Het kost de belastingbetaler 5 miljard euro om de vaten in Asse weer op te graven.^{19 20} Op 17 september 2021 heeft de Duitse overheid na 40 jaar onderzoek (kosten 1,6 miljard euro) de zoutkoepel Gorleben ongeschikt verklaard.^{21 22} In Denemarken werden indertijd zes zoutkoepels onderzocht voor de opslag van kernafval. Ze bleken allemaal ongeschikt. Het Deense parlement bepaalde vervolgens in mei 1985 geen kerncentrales te zullen bouwen en is bij dit standpunt gebleven.²³ De ervaringen met opslag in buitenlandse zoutkoepels geven niet bepaald vertrouwen in de Nederlandse plannen.
8. De veiligheid van de opslag is niet te bewijzen. Met rekenmodellen probeert men na te bootsen hoe het opgeborgen kernafval zich in de periode van de komende honderdduizenden jaren in de ondergrond zal verplaatsen. Deze periode noemt men ook wel de simulatieperiode. De rekenmodellen voor de veiligheid op lange termijn zijn echter onbetrouwbaar. De door de overheid ingestelde commissie voor opberging van kernafval (OPLA) stelde in het eindrapport van 1993 dat berekeningen over de risico’s van de ondergrondse opslag van kernafval op lange termijn onbetrouwbaar zijn: de resultaten van modelberekeningen hangen

af van het gebruikte model en van de persoonlijke inzichten van de makers van het model, terwijl fundamentele kennis veelal ontbreekt.²⁴ De OPLA ging in haar eindrapport ook in op de vraag wanneer bewezen is dat een model klopt, ofwel ‘gevalideerd’ is en kwam tot de conclusie dat dit alleen bereikt kan worden door vergelijking van de modelvoorspellingen met veldwaarnemingen: “Dit proces zal gedurende een lange periode moeten plaatsvinden (bijvoorbeeld 30-50% van de simulatieperiode), voordat het model als gevalideerd beschouwd kan worden. Dit is echter wel een ‘ideaal validatieproces’. In de praktijk, en zeker in het kader van veiligheidsanalysestudies waar de geohydrologische modellen gebruikt worden om voorspellingen te doen voor periodes van een tiental duizenden jaren, kan dit type validatie niet uitgevoerd worden.”²⁵ Men zou duizenden jaren onderzoek moeten doen voordat men een uitspraak over de betrouwbaarheid van de modellen kan doen. Aan deze conclusies is sindsdien niets veranderd: berekeningen over de veiligheid van opslag van kernafval blijven onbetrouwbaar.^{26 27 28 29 30} Dat bleek ook op een bijeenkomst van Duitse geologen op 12 oktober 2018: Daar werd onder meer aangetoond dat de uitkomsten van rekenmodellen niet zozeer van de gebruikte software voor die modellen afhangen als wel van degene die rekent met die modellen.³¹

9. Kleine hoeveelheid kernafval geven langdurig gevaar. Regelmatig benadrukken voorstanders van kernenergie dat het maar om kleine hoeveelheden radioactief afval gaat. Maar bij kernafval gaat het niet alleen om het volume, maar vooral om het gevaar van zelfs een hele kleine hoeveelheid radioactiviteit. Dit kan duidelijk gemaakt worden door het volgende voorbeeld. Bij het ongeluk in april 1986 met de kerncentrale in Tsjernobyl werd een groot deel van Europa besmet. Een berekening aan de hand van rapporten van het Nucleair Energie Agentschap (NEA) in Parijs laat zien dat in totaal slechts 50 kilo van de langdurig gevaarlijke stoffen cesium en strontium neerkwam buiten het terrein van de kerncentrale.³² Toch betekent die 50 kilo dat omvangrijke gebieden in Wit-Rusland, Rusland en Oekraïne langdurig besmet zijn. Een kleine hoeveelheid kernafval kan dus grote gevolgen hebben en is geen argument om te doen alsof dit afval een te verwaarlozen probleem is. Dat blijkt ook uit het gebruik van radioactieve stoffen in ziekenhuizen. Bij de bestraling van kankerpatiënten wordt de straling gebruikt om kankercellen te doden. Hier wordt de dodelijke werking van straling gebruikt om heel gericht ‘foute’ cellen uit te schakelen.³³ Voor een behandeling is slechts een minieme hoeveelheid van een radioactieve stof nodig, kunnen we uitrekenen met behulp van gegevens van het RIVM.³⁴ Neem bijvoorbeeld lutetium voor de behandeling van prostaatkanker. We kunnen uitrekenen dat voor deze behandeling 9 microgram lutetium nodig is. Een microgram is een miljoenste gram.

Voor onderzoek is pakweg nog eens een factor 1.000 minder nodig dan voor behandeling. Om een indruk te geven: de benodigde hoeveelheid technetium voor een onderzoek bedraagt ongeveer 11,5 nanogram. Een nanogram is een miljardste gram.

Dat benadrukt nog eens dat een uiterst kleine hoeveelheid van een radioactieve stof grote gevolgen kan hebben.

10. Jaarlijks wordt in Nederland ongeveer 1.100 kubieke meter (m^3) radioactief afval geproduceerd.³⁵ Naast het afval van de kerncentrale Borssele hebben we te maken met verarmd uranium en radioactief afval van de Hoge Flux Reactor in Petten, laboratoria, onderzoeksinstellingen, industrie en ziekenhuizen.

Bij de COVRA stonden op 1 januari 2023 zo’n 57.400 vaten laag- en middelradioactief afval en 4.700 containers met verarmd uranium opgeslagen, evenals 508 vaten met hoogradioactief afval.^{36 37 38 39 40 41 42 43}

Het bedrijfsafval van de kerncentrale Borssele bestaat jaarlijks uit 32-33 m^3 .⁴⁴ Elk jaar ontstaat volgens de regering bij Borssele gemiddeld een hoeveelheid van ca. 4 m^3 aan bestraalde splijtstofelementen. Na opwerking ontstaat hieruit ca. 3 m^3 hoogradioactief kernsplijtingsafval en naar schatting 11 m^3 overig radioactief afval.^{45 46} Het gaat hier om

volumes zonder de verpakking in vaten. In werkelijkheid gaat het daarom om grotere volumes.

11. De kerncentrale Borssele is goed voor 5.600 kilo plutonium. In deze kerncentrale ontstaat immers bij de splijting van uranium naast warmte onder meer plutonium. EPZ, de exploitant van Borssele, heeft 2.800 kilo plutonium verkocht met een verlies van 41 miljoen euro. Tot het jaar 2034 ontstaat nog eens 2.800 kilo plutonium. Hiervoor is een speciaal en kostbaar contract tot 2034 met de Franse opwerkinsfabriek Orano afgesloten, zodat het plutonium niet in Nederland opgeslagen hoeft te worden. Zo is voorkomen dat Nederland 5.600 kilo plutonium moet opslaan.⁴⁷

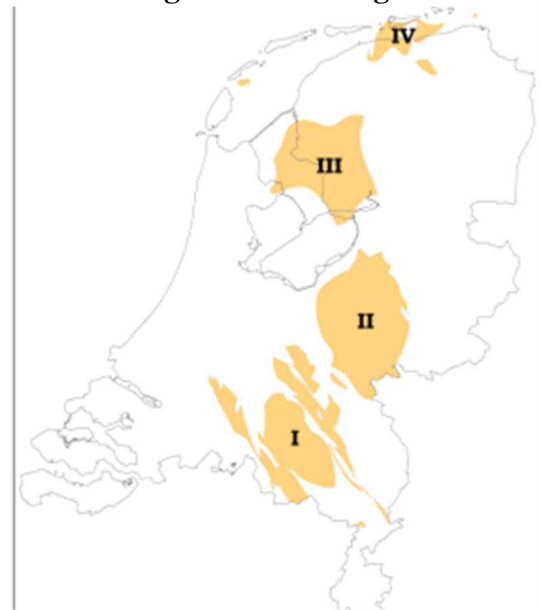
Figuur 1

Zoutkoepels Noord-Nederland



Figuur 2

Vier meest geschikte kleilagen in Nederland



Bron: <https://www.greenpeace.org/static/planet4-netherlands-stateless/2018/06/TASurveyrapport.pdf>, 17 januari 2011.

-
- ¹ <https://www.platformparticipatie.nl/kerncentraleborssele/documenten+kerncentrale+borssele/default.aspx>, 31 mei 2023.
- ² <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2023-15014.html>, 30 mei 2023.
- ³ <https://www.covra.nl/nl/downloads/cora/>, rapport CORA (Commissie Opberging Radioactief Afval, 1995-2001).
- ⁴ <http://www.kernenergieinnederland.nl/files/19760618-brief.pdf>, 18 Juni 1976.
- ⁵ <https://radioactiefafval.nl/kernafval-in-zout/>, 7- Jaren tachtig: Commissie Opberging te Land (OPLA), Onderzoek naar de geologische opberging van radioactief afval in Nederland. Eindrapport Aanvullend onderzoek van Fase 1 (1A), (1993).
- ⁶ <http://www.kernenergieinnederland.nl/files/20010221-cora.pdf>, 21 februari 2001.
- ⁷ <http://www.laka.org/nieuws/2014/tno-rapport-friese-klei-best-voor-opslag-kernafval-2745/>, 11 juli 2014; G.-J. Vis & J.M. Verweij, "Geological and geohydrological characterization of the Boom Clay and its overburden" OPERA-PU-TNO411, <http://www.no-a.nl/files/11072014-vp.pdf>.
- ⁸ <https://www.covra.nl/nl/downloads/cora/>, 21 februari 2001.
- ⁹ <https://www.greenpeace.org/static/planet4-netherlands-stateless/2018/06/TASurveyrapport.pdf>, 22 december 2010.
- ¹⁰ <https://www.covra.nl/nl/downloads/opera/>, OPERA-PU-TNO411-1.pdf, rapport is uit 2014, gepubliceerd in 2018.
- ¹¹ <https://www.bge.de/de/endlagersuche/>.
- ¹² <https://www.laka.org/nieuws/2000/kernafval-en-ethiek-gaan-niet-samen-5382>, 12 januari 2000.
- ¹³ <https://www.covra.nl/nl/downloads/cora/>, Kernafval en Kernethiek.
- ¹⁴ <https://www.covra.nl/nl/radioactief-afval/onderzoek-eindberging/>
- ¹⁵ <https://www.commissiomer.nl/docs/mer/p35/p3546/a3546ts.pdf>, 9 maart 2023.
- ¹⁶ Reinier de Man, Ondergrondse berging van onverwerkbaar afval, (1991), p. 16. Ministerie van volkshuisvesting, ruimtelijke ordening en milieubeheer (Vrom), directoraat-generaal milieubeheer. Publikatiereeks stralenbescherming, 53.
- ¹⁷ Hamstra, "Veiligheidsaspecten en risico's verbonden aan de opslag van kernsplijtingsafval", in: Atoomenergie, 1974, 7/8, p. 175-180.
- ¹⁸ <https://www.bge.de/de/asse/meldungen-und-pressemitteilungen/meldung/news/2023/1/menge-und-messwerte-der-abtransportierten-zutrittsloesungen-des-jahres-2022/>, 18 januari 2023.
- ¹⁹ https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nukleare_Sicherheit/abfallentsorgung_kosten_finanzierung_bf.pdf, 12 augustus 2015.
- ²⁰ <https://www.bge.de/de/aktuelles/meldungen-und-pressemitteilungen/meldung/news/2022/1/679-schachtanlage-asse-ii/>, 10 januari 2022.
- ²¹ <https://www.bge.de/de/aktuelles/meldungen-und-pressemitteilungen/meldung/news/2021/9/645-gorleben/>, 17 september 2021.
- ²² <https://www.bge.de/de/endlagersuche/bergwerk-gorleben/>
- ²³ Atomwirtschaft, juni 1986, p 310.
- ²⁴ Commissie Opberging te Land (OPLA), Onderzoek naar de geologische opberging van radioactief afval in Nederland. Eindrapport Aanvullend onderzoek van Fase 1 (1A), (1993).
- ²⁵ Commissie Opberging te Land (OPLA), Eindrapport aanvullend Onderzoek van Fase 1, (1993). Bijlage 'Samenvattingen van de deelstudies', 6A: RIVM, "Validatie van modellen en internationale samenwerking", 1993, pp. 4 en 5.
- ²⁶ Christa Garms-Babke, 'Die Unvereinbarkeit nicht-rückholbarer Endlagerung radioaktiver Abfälle mit dem Grundgesetz', Frankfurt, 2002.
- ²⁷ Commissie Opberging te Land (OPLA), Onderzoek naar de geologische opberging van radioactief afval in Nederland. Eindrapport Aanvullend onderzoek van Fase 1 (1A), (1993).
- ²⁸ http://www.sp.nl/onderzoek/normen_waarden_radioactiefafval.pdf, 2003.
- ²⁹ Commissie Opberging te Land (OPLA), Eindrapport aanvullend Onderzoek van Fase 1, (1993). Bijlage 'Samenvattingen van de deelstudies', 6A: RIVM, "Validatie van modellen en internationale samenwerking", 1993, pp. 4 en 5.
- ³⁰ http://www.cowam.com/IMG/pdf_cowam2_WP4.pdf, Long term governance WP4 Long term governance for radioactive waste Management, december 2006.
- ³¹ <http://endlagerdialog.de/2018/10/endlagersuche-der-dachverband-geowissenschaften-mischt/>, 14 oktober 2018.
- ³² NEA, "Chernobyl Ten Years On. Radiological and Health Impact", Parijs, 1996, p 29.

NEA, "Sarcophagus Safety '94. The State of the Chernobyl Nuclear Power Plant Unit 4", Proceedings of an International Symposium Zeleny Mys, Chernobyl, Ukraine, 14-18 maart 1994, p 46 en 363.

³³ <https://www.natuurkunde.nl/artikelen/745/nucleaire-geneeskunde>

³⁴ <https://www.rivm.nl/publicaties/productie-en-gebruik-van-medische-radio-isotopen-in-nederland-huidige-situatie-en>, 3 juli 2017.

³⁵ <https://www.covra.nl/nl/de-cijfers/>

³⁶ Email Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef, Plaatsvervangend directeur COVRA aan Herman Damveld dd. 11 januari 2013.

³⁷ <http://www.covra.nl/jaarrapport-2013>, pp. 56 en 57.

³⁸ Email Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef, Plaatsvervangend directeur COVRA aan Herman Damveld dd. 12 december 2014.

³⁹ <http://www.covra.nl/downloads>, Kerngegevens COVRA, Inlegvel bij Jaarrapport 2014.

⁴⁰ <http://www.covra.nl/jaarrapport-2015>, 23 september 2016, pp 3 en 69.

⁴¹ <https://www.covra.nl/app/uploads/2020/05/Covra-jaarverslag2019-definitief.pdf>, 7 mei 2020.

⁴² <file:///D:/Downloads/Covra-jaarrapport2021.pdf>, 10 mei 2022.

⁴³ <https://www.covra.nl/app/uploads/2023/05/COVRA-jaarrapport-2022.pdf>, 9 mei 2023.

⁴⁴ Email Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef, Plaatsvervangend directeur COVRA aan Herman Damveld dd. 11 januari 2013.

⁴⁵ <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2010/02/24/nota-naar-aanleiding-van-het-verslag.html>, 24 februari 2010, p.6.

⁴⁶ Damveld Herman et.al. "Kernafval in zee of zout? Nee fout!", Greenpeace Amsterdam, 1994, p.14

Bij een kerncentrale van 1000 MW komen jaarlijks 35 m³ aan gebruikte brandstofelementen beschikbaar; door opwerking ontstaat daaruit 120 m³ afval, waarvan de helft als hoogradioactief afval behandeld moet worden; het kernsplijtingsafval is 6 m³ en daardoor is het verhaal ontstaan dat door opwerking het volume van radioactief afval zou verminderen (zie: Tijdschrift Wetenschap en Samenleving, 78, nummer 7, oktober 1978, pp. 10 – 13).

⁴⁷ <http://www.co2ntramine.nl/de-kerncentrale-borssele-en-de-verliesgevende-handel-in-plutonium/#more-3542>, oktober 2020.