

# **Wetenswaardigheden opslag kernafval, bovengronds, zoutkoepels, kleilagen**

## **Herman Damveld, 4 november 2024**

### **Inleiding**

De huidige regering Schoof wil in tegenstelling tot vele vorige regeringen wél plannen maken voor de opslag van kernafval in zoutkoepels of kleilagen. Staatssecretaris Chris Jansen (PVV) van Infrastructuur en Waterstaat, Openbaar Vervoer en Milieu schreef op 4 september 2024 aan de Tweede Kamer: “Als je serieus werk wilt maken van kernenergie, dan moet je ook serieus met radioactief afval aan de slag. Dat betekent dat je besluiten over hoe je omgaat met de eindberging van dat afval niet pas over 75 jaar neemt, maar er nu al over gaat nadenken.”<sup>1</sup> Een kort overzicht.

### **Inhoudsopgave**

- 1. Plannen opslag kernafval in zoutkoepels al 51 jaar oud**
- 2. Tijdelijke opslag in Zeeland veilig?**
- 3. September 2024: sneller besluit opslag kernafval in zoutkoepels of kleilagen**
- 4. Overzicht zoutkoepels en kleilagen**
- 5. Kernafval maken ethisch verantwoord?**
- 6. Kleine hoeveelheid, langdurig gevaar**
- 7. Veiligheid opslag niet te bewijzen**
- 8. De hoeveelheden kernafval**
- 9. Ontstaan zoutlagen, zoutkoepels en zoutkussens**
- 10. Cavernes in zoutkoepels**

#### **1. Plannen opslag kernafval in zoutkoepels al 51 jaar oud**

In 1973, 51 jaar geleden, maakte de Rijks Geologische Dienst (RGD) een rapport over de zoutkoepels die geschikt zouden kunnen zijn voor de opslag van kernafval. Dat rapport is echter nooit gepubliceerd, alleen leden van de Tweede Kamer mochten het inzien.<sup>2</sup>

Anno 2024 wil de regering de kerncentrale Borssele langer in bedrijf houden en twee tot vier nieuwe kerncentrales laten bouwen, zonder dat er een oplossing is voor het kernafval.

Op 3 oktober 2023 begon de inspraak over het Nationaal Programma Radioactief Afval (NPRO), georganiseerd door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Daarin staat dat gekozen is “voor een bovengrondse opslag van radioactief afval gedurende ten minste 100 jaar bij de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA).” Daarna wordt het kernafval in de diepe ondergrond opgeborgen. De minister noemt dit een “geologische eindberging” die rond het jaar 2130 kan beginnen.<sup>3</sup> Al met al is het probleem dan 150 jaar vooruit geschoven.

Op 11 januari 2024 nam de gemeenteraad van Borsele een besluit over de voorwaarden voor een vergunning voor de bouw van nieuwe kerncentrales.<sup>4</sup> Een van deze voorwaarden is dat er een concreet plan zijn moet voor de eindberging van radioactief afval: “Die eindberging moet in 2050 in gebruik zijn.”<sup>5 6</sup>

#### **2. Tijdelijke opslag in Zeeland veilig?**

De bovengrondse opslag van radioactief afval is gevestigd in Zeeland bij de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA). Daarbij gaat het volgens de COVRA om een opslag voor honderd jaar.<sup>7</sup>

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.<sup>8</sup> Komt de COVRA onder water te staan? De vraag blijft ook hoe een veilige opslag de resterende 999.900 jaar gewaarborgd wordt.

### 3. September 2024: sneller besluit opslag kernafval in zoutkoepels of kleilagen

De huidige regering Schoof wil in tegenstelling tot vorige regeringen wél plannen maken voor de opslag van kernafval in zoutkoepels of kleilagen. Dat schrijft staatssecretaris Chris Jansen (PVV) van Infrastructuur en Waterstaat, Openbaar Vervoer en Milieu op 4 september 2024 aan de Tweede Kamer. Het gaat om een reactie op het rapport ‘Nu samen stappen maken’ van het Rathenau Instituut. Immers: “Het veilig beheer van radioactief afval is een integraal onderdeel van de nucleaire ambities van dit kabinet.”<sup>9</sup>

In het op 13 september 2024 verschenen Regeerprogramma van PVV, VVD, NSC en BBB staat: “Bij de uitbreiding van kernenergie in Nederland vraagt het veilig beheer van radioactief afval voor de veiligheid en gezondheid nu en in de toekomst extra aandacht. Het kabinet verkent daarom wat nodig is om het besluitvormingsproces naar voren te halen om tot een veilige eindberging te komen.”<sup>10</sup>

De opslag van kernafval in de Noord-Nederlandse zoutkoepels komt daarmee weer op de agenda. De vorige regeringen wilden een besluit uitstellen tot het jaar 2100, maar nu gaat de regering “in kaart brengen welke stappen moeten worden gezet om een besluit te nemen over de eindberging van radioactief afval.” Jansen stelt: “Als je serieus werk wilt maken van kernenergie, dan moet je ook serieus met radioactief afval aan de slag. Dat betekent dat je besluiten over hoe je omgaat met de eindberging van dat afval niet pas over 75 jaar neemt, maar er nu al over gaat nadenken.”<sup>11</sup>

### 4. Overzicht zoutkoepels en kleilagen

De regering wil al vanaf 1976 opslag van kernafval in de noordelijke zoutkoepels realiseren (Ternaard in Friesland; Pieterburen, Bourtange en Onstwedde in de provincie Groningen; Schoonloo, Gasselte-Drouwen, Hooghalen en Anloo in Drenthe).<sup>12 13 14</sup> Zie figuur 1. Ook komen zoutkussens en zoutlagen in de provincies Overijssel en Gelderland in aanmerking.<sup>15</sup>

**Figuur 1**

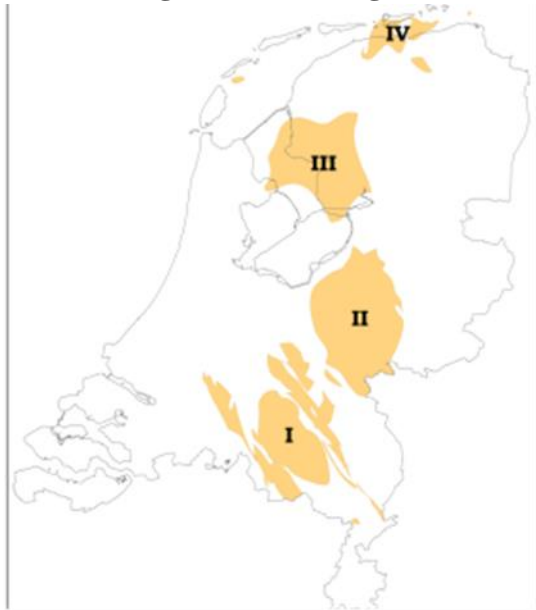
**Zoutkoepels Noord-Nederland**



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, Noord-Brabant, Limburg, de Noordoostpolder en Noord-Holland.<sup>16 17 18 19 20</sup> Zie figuur 2. Een besluit is echter nooit genomen, het bleef bij de aankondiging van plannen en een herhaling van zetten.

## **Figuur 2**

### **Vier meest geschikte kleilagen in Nederland**



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

## **5. Kernafval maken ethisch verantwoord?**

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.<sup>21 22</sup> Is het ethisch verantwoord om eerst kernafval te maken en pas later te zoeken naar een veilige opberging?<sup>23 24</sup> De regering gaat voorbij aan deze vraag.

## **6. Kleine hoeveelheid, 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 minieme 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 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.<sup>25</sup> 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.<sup>26</sup> Voor een

behandeling is slechts een minieme hoeveelheid van een radioactieve stof nodig, kunnen we uitrekenen met behulp van gegevens van het RIVM.<sup>27</sup> 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 een heel groot effect kan hebben.

## **7. Veiligheid opslag 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 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.<sup>28</sup> 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."<sup>29</sup> 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.<sup>30 31 32 33 34</sup> 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 rekt met die modellen.<sup>35</sup> Opslag van het warmteafgevend kernsplijtingsafval betekent dat de temperatuur in de omgeving van de afvalvaten zo'n 40 jaar na het begin van de opslag omhoog gaat. Na 10.000 jaar is de temperatuur weer gedaald. Voorspellingen over toekomstige ontwikkelingen met de beste computermodellen zijn ook anno 2024 een grote uitdaging en behept met onzekerheden. Dat stelde het Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) in een op 9 juli 2024 verschenen rapport.<sup>36</sup>

## **8. De hoeveelheden kernafval**

Jaarlijks wordt in Nederland ongeveer 1.100 kubieke meter (m<sup>3</sup>) radioactief afval geproduceerd.<sup>37</sup> 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.<sup>38 39 40 41 42 43 44 45</sup>

Het bedrijfsafval van de kerncentrale Borssele bestaat jaarlijks uit 32-33 m<sup>3</sup>.<sup>46</sup> Elk jaar ontstaat volgens de regering bij Borssele gemiddeld een hoeveelheid van ca. 4 m<sup>3</sup> aan

bestraalde splijtstofelementen. Na opwerking ontstaat hieruit ca. 3 m<sup>3</sup> hoogradioactief kernsplijtingsafval en naar schatting 11 m<sup>3</sup> overig radioactief afval.<sup>47 48</sup> Het gaat hier om volumes zonder de verpakking in vaten. In werkelijkheid gaat het daarom om grotere volumes.

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 opwerkingsfabriek Orano afgesloten, zodat het plutonium niet in Nederland opgeslagen hoeft te worden. Zo is voorkomen dat Nederland 5.600 kilo plutonium moet opslaan.<sup>49</sup>

## **9. Ontstaan zoutlagen, zoutkoepels en zoutkussens**

Heel lang geleden waren er zoutlagen. Daaruit vormden zich zoutkussens en later zoutkoepels. De zoutkoepels bewegen heel langzaam naar boven; warmteafgevend kernafval kan dat versnellen.

### *9.1 Koepel en zout*

Een koepel kunnen we omschrijven als een halve bol die geplaatst is op het dak van een gebouw. Beroemde koepels zijn bijvoorbeeld de Sint Pieterskerk in Rome, de Taj Mahal in India en het Capitool in Washington. Onder de koepel is lucht, zodat men naar boven kan kijken. Deze betekenis van het woord koepel speelt door in hoe het woord zoutkoepel vaak wordt opgevat. Een zoutkoepel wordt dan omschreven als een holle ruimte met een dak bestaande uit zout. Dat is echter niet het geval. Een zoutkoepel bestaat helemaal uit zout en heeft aan de buitenkant een vorm die lijkt op een koepel.

### *9.2 Zoutlagen, zoutkussens en zoutkoepels in Nederland*

In het noorden en oosten van Nederland zijn op een aantal plekken in de ondergrond zoutlagen van soms wel honderden meters dik te vinden. Deze zoutlagen zijn ontstaan doordat miljoenen jaren geleden het water uit binnenzeeën is verdampt, waarna het zout achterbleef. Boven op deze zoutlagen zetten zich nieuwe gesteentelagen af. Het zout is lichter dan de aard- of gesteentelagen. Het effect daarvan is te vergelijken met een bal die onder water wordt geduwd. Als de bal onder water wordt losgelaten, komt deze vanzelf weer boven de waterspiegel uit. Bij breuken in dit zogeheten ‘dekgesteente’ wordt een deel van het onderliggende zout naar boven gedrukt en door de breuken heen geperst. Dit verschijnsel heet in de geologie ‘diapirisme’.<sup>50</sup>

Een verdikking van het zout waarbij de bovenliggende lagen niet worden doorbroken, heet een zoutkussen (zoals bij Veendam). Is het zout wel door die lagen heen gebroken en ver omhoog gekomen, dan spreekt men van een zoutkoepel of zoutpijler (zoals bij Zuidwending).

### *9.3 Zoutkoepels stijgen op*

In theorie, volgens berekeningen van een evenwichtstoestand, zouden de zoutkoepeltoppen tot ongeveer 500 meter boven het maaiveld moeten uitsteken.<sup>51</sup> In ons klimaat worden geen zoutbergen van 500 meter hoogte gevormd, omdat de opstijgende zoutkoepel wordt opgelost in het grondwater. In andere delen van de wereld is dat wel het geval. Bijvoorbeeld in Iran waar in zeer droge gebieden, zoals het Zagrosgebergte, zoutbergen voorkomen die honderd tot driehonderd meter boven de grond uitsteken.<sup>52</sup>

De stijgsnelheid van een zoutkoepel is van belang bij het beoordelen van de stabiliteit van de koepel. In de geologische literatuur vinden we zeer uiteenlopende waarden voor de stijgsnelheid van zoutkoepels. Deze variëren van enkele honderdsten millimeters tot meerdere

millimeters per jaar.<sup>53 54</sup> Voor de zoutkoepel Pieterburen gaat het om een stijgsnelheid van 0,12 millimeter per jaar.<sup>55</sup> Bij zoutkoepels in de Dode Zee zijn stijgsnelheden van 1 tot 10 millimeter per jaar gemeten.<sup>56</sup>

## 10. Cavernes in zoutkoepels

Soms gaat het over cavernes in zoutkoepels, maar wat zijn dat? Een korte uitleg.

Het maken van een caveerne gaat als volgt. Eerst wordt een gat geboord vanaf het aardoppervlak. Vervolgens zet men daar een pijp in, of beter gezegd een dubbele pijp: er zit een kleinere pijp in de grote. Via de ene buis pompt men water in de zoutkoepel, waardoor het zout oplost. Het opgeloste zout, pekkel genoemd, wordt via de andere buis naar boven gedrukt en afgevoerd naar de fabriek van Nobian in Delfzijl. Dit oplosproces vergt tijd. In de ondergrond ontstaat zo een holte, die men ook wel caveerne noemt. Het duurt drie tot vier jaar voordat een caveerne de vorm en grootte heeft die geschikt is voor opslag.<sup>57</sup>

Een caveerne of zoutholte kan gebruikt worden voor de opslag van allerlei stoffen. Het gaat hier nadrukkelijk om een door mensen gemaakte holte. Soms lezen we dat de holte van nature aanwezig was, maar dat is niet zo en dat heeft met de druk te maken. Bij de ondergrondse druk zou een holte allang zijn samengeperst.

Cavernes verschillen veel van een aangelegde mijn in een zoutkoepel. Cavernes zijn holtes en zijn niet voor de mens toegankelijk. Een mijn bestaat uit een gangenstelsel en is zo gemaakt dat mensen daar wel toegang toe hebben. In de zoutkoepel Asse in Duitsland kan men met een lift naar beneden en op 700 meter diepte zijn er brede gangen waar auto's in rond kunnen rijden, zoals ik zelf heb mogen meemaken.

---

<sup>1</sup> [https://www.nieuwsienw.nl/home\\_old1717146098/2876733.aspx](https://www.nieuwsienw.nl/home_old1717146098/2876733.aspx), 4 september 2024.

<sup>2</sup> Tweede Kamer, zitting 1978-1979, 15 100, nr. 16;

[https://repository.overheid.nl/frbr/sgd/19781979/0000177521/1/pdf/SGD\\_19781979\\_0003525.pdf](https://repository.overheid.nl/frbr/sgd/19781979/0000177521/1/pdf/SGD_19781979_0003525.pdf).

<sup>3</sup> <https://www.platformparticipatie.nl/npra/default.aspx>, 3 oktober 2023.

<sup>4</sup> [https://borsele.raadsinformatie.nl/document/13624309/1/6\\_+Voorstel+Borselse+Voorwaarden+en+vervolgaanpak](https://borsele.raadsinformatie.nl/document/13624309/1/6_+Voorstel+Borselse+Voorwaarden+en+vervolgaanpak), 11 januari 2024.

<sup>5</sup> [https://www.borsele.nl/sites/borsele/files/2023-11/Borselse%20Voorwaarden%202023\\_1.pdf](https://www.borsele.nl/sites/borsele/files/2023-11/Borselse%20Voorwaarden%202023_1.pdf), 8 november 2023.

<sup>6</sup> <https://www.borsele.nl/bsluitvorming-gemeenteraad-over-de-borselse-voorwaarden-en-de-vervolgaanpak>, 14 december 2023.

<sup>7</sup> <https://www.covra.nl/nl/radioactief-afval/onderzoek-eindberging/>

<sup>8</sup> <https://www.commissiener.nl/docs/mer/p35/p3546/a3546ts.pdf>, 9 maart 2023.

<sup>9</sup> <https://open.overheid.nl/documenten/dpc-8149c7f95fd9c77e534e3e38e1e77670fd9d9041/pdf>, 4 september 2024.

<sup>10</sup> <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-f525d4046079b0beabc6f897f79045ccf2246e08/pdf>, 13 september 2024.

<sup>11</sup> [https://www.nieuwsienw.nl/home\\_old1717146098/2876733.aspx](https://www.nieuwsienw.nl/home_old1717146098/2876733.aspx), 4 september 2024.

<sup>12</sup> <https://www.covra.nl/nl/downloads/cora/>, rapport CORA (Commissie Opberging Radioactief Afval, 1995-2001).

<sup>13</sup> <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/19760618-brief.pdf>, 18 Juni 1976.

<sup>14</sup> <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).

<sup>15</sup> Bron: [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/19/047/19047134.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/19/047/19047134.pdf), Commissie Opberging te Land (OPLA), Onderzoek inzake geologische opberging van radioactief afval in Nederland, Tweede Tussenrapport over Fase 1 (januari 1986-januari 1987), 1987, pagina 56.

<sup>16</sup> <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/20010221-cora.pdf>, 21 februari 2001.

<sup>17</sup> <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>.

- 
- <sup>18</sup> <https://www.covra.nl/nl/downloads/cora/>, 21 februari 2001.
- <sup>19</sup> <https://www.greenpeace.org/static/planet4-netherlands-stateless/2018/06/TASurveyrapport.pdf>, 22 december 2010.
- <sup>20</sup> <https://www.covra.nl/nl/downloads/opera/>, OPERA-PU-TNO411-1.pdf, rapport is uit 2014, gepubliceerd in 2018.
- <sup>21</sup> <https://www.bmu.de/themen/nukleare-sicherheit/endlagerprojekte/standortauswahlverfahren-endlager/das-standortauswahlgesetz>, 12 maart 2012.
- <sup>22</sup> <https://www.bge.de/de/endlagersuche/>
- <sup>23</sup> <https://www.laka.org/nieuws/2000/kernafval-en-ethiek-gaan-niet-samen-5382>, 12 januari 2000.
- <sup>24</sup> <https://www.covra.nl/nl/downloads/cora/>, Kernafval en Kernethiek.
- <sup>25</sup> 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.
- <sup>26</sup> <https://www.natuurkunde.nl/artikelen/745/nucleaire-geneeskunde>
- <sup>27</sup> <https://www.rivm.nl/publicaties/productie-en-gebruik-van-medische-radio-isotopen-in-nederland-huidige-situatie-en>, 3 juli 2017.
- <sup>28</sup> Commissie Opberging te Land (OPLA), Onderzoek naar de geologische opberging van radioactief afval in Nederland. Eindrapport Aanvullend onderzoek van Fase 1 (1A), (1993).
- <sup>29</sup> 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.
- <sup>30</sup> Christa Garms-Babke, 'Die Unvereinbarkeit nicht-rückholbarer Endlagerung radioaktiver Abfälle mit dem Grundgesetz', Frankfurt, 2002.
- <sup>31</sup> Commissie Opberging te Land (OPLA), Onderzoek naar de geologische opberging van radioactief afval in Nederland. Eindrapport Aanvullend onderzoek van Fase 1 (1A), (1993).
- <sup>32</sup> [http://www.sp.nl/onderzoek/normen\\_waarden\\_radioactiefafval.pdf](http://www.sp.nl/onderzoek/normen_waarden_radioactiefafval.pdf), 2003.
- <sup>33</sup> 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.
- <sup>34</sup> [http://www.cowam.com/IMG/pdf\\_cowam2\\_WP4.pdf](http://www.cowam.com/IMG/pdf_cowam2_WP4.pdf), Long term governance WP4 Long term governance for radioactive waste Management, december 2006.
- <sup>35</sup> <http://endlagerdialog.de/2018/10/endlagersuche-der-dachverband-geowissenschaften-mischt/>, 14 oktober 2018.
- <sup>36</sup> <https://www.base.bund.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/BASE/DE/2024/forschungsreport-24.html>, 9 juli 2024, pagina 32, 39 en 42.
- <sup>37</sup> <https://www.covra.nl/nl/de-cijfers/>
- <sup>38</sup> Email Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef, Plaatsvervangend directeur COVRA aan Herman Damveld dd. 11 januari 2013.
- <sup>39</sup> <http://www.covra.nl/jaarrapport-2013>, pp. 56 en 57.
- <sup>40</sup> Email Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef, Plaatsvervangend directeur COVRA aan Herman Damveld dd. 12 december 2014.
- <sup>41</sup> <http://www.covra.nl/downloads>, Kerngegevens COVRA, Inlegvel bij Jaarrapport 2014.
- <sup>42</sup> <http://www.covra.nl/jaarrapport-2015>, 23 september 2016, pp 3 en 69.
- <sup>43</sup> <https://www.covra.nl/app/uploads/2020/05/Covra-jaarverslag2019-definitief.pdf>, 7 mei 2020.
- <sup>44</sup> <file:///D:/Downloads/Covra-jaarrapport2021.pdf>, 10 mei 2022.
- <sup>45</sup> <https://www.covra.nl/app/uploads/2023/05/COVRA-jaarrapport-2022.pdf>, 9 mei 2023.
- <sup>46</sup> Email Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef, Plaatsvervangend directeur COVRA aan Herman Damveld dd. 11 januari 2013.
- <sup>47</sup> <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.
- <sup>48</sup> 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 m<sup>3</sup> aan gebruikte brandstofelementen beschikbaar; door opwerking ontstaat daaruit 120 m<sup>3</sup> afval, waarvan de helft als hoogradioactief afval behandeld moet worden; het kernsplijtingsafval is 6 m<sup>3</sup> 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).
- <sup>49</sup> <http://www.co2ntramine.nl/de-kerncentrale-borssele-en-de-verliesgevende-handel-in-plutonium/#more-3542>, oktober 2020.
- <sup>50</sup> <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/diapiir>.

- 
- <sup>51</sup> Vgl. onder andere G. Richter-Bernburg, Stratigraphische Gliederung des deutschen Zechsteins (1953). In: Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, 105, pp. 843-854; ([https://www.schweizerbart.de/papers/zdgg\\_alt/detail/105/49953/Stratigraphische\\_Gliederung\\_des\\_deutschen\\_Zechsteins](https://www.schweizerbart.de/papers/zdgg_alt/detail/105/49953/Stratigraphische_Gliederung_des_deutschen_Zechsteins)); <https://www.zechsteininside.com/nl/download/> <https://zechsteininside.com/wp-content/uploads/2018/05/NL-Artikel-Magnesiumzout-Prof.-J.-Urai.pdf> <https://www.geologievannederland.nl/ondergrond/afzettingen-en-delfstoffen/steenzout>
- <sup>52</sup> <https://wibnet.nl/natuur/bodem/wat-is-een-zoutkoepel>
- <sup>53</sup> Vgl. onder andere T. Csengö, Enkele wetenswaardigheden over zoutafzettingen, (1976). G. Richter-Bernburg, Sicher im Salz. In: Bild der Wissenschaft, 12, 1977, pp. 98-100. W.C. McClain en A.L. Bloch, Disposal of radioactive waste in bedded saltformations. In: Nuclear Technology (--), 29, pp. 398-408.
- <sup>54</sup> Vgl. onder andere G. Richter-Bernburg, Stratigraphische Gliederung des deutschen Zechsteins (1953). In: Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, 105, pp. 843-854; ([https://www.schweizerbart.de/papers/zdgg\\_alt/detail/105/49953/Stratigraphische\\_Gliederung\\_des\\_deutschen\\_Zechsteins](https://www.schweizerbart.de/papers/zdgg_alt/detail/105/49953/Stratigraphische_Gliederung_des_deutschen_Zechsteins)); <https://www.zechsteininside.com/nl/download/> <https://zechsteininside.com/wp-content/uploads/2018/05/NL-Artikel-Magnesiumzout-Prof.-J.-Urai.pdf> <https://www.geologievannederland.nl/ondergrond/afzettingen-en-delfstoffen/steenzout>
- <sup>55</sup> OPLA, Bijlage rapport (1993), p.24.
- <sup>56</sup> <https://research.tudelft.nl/en/publications/salt-diapir-movements-using-sar-interferometry-in-the-lisan-peninsula>, september 2002.
- <sup>57</sup> <https://www.agbzw.nl/onze-cavernes/hoe-een-caverne-wordt-gebouwd>