

Vestigingsplaatsen kerncentrales en kernafval

Bijna alles over kernenergie samengevat in 19 onderwerpen

Herman Damveld
zelfstandig onderzoeker en publicist
Groningen
27 maart 2023

Ik woon in de stad Groningen en publiceert vanaf 1976 over kernenergie, de plannen voor ondergrondse opslag van kernafval en de aardgaswinning met de bijbehorende aardbevingen. Ik heb hierover verschillende boeken en rapporten geschreven, evenals zo'n 1500 artikelen. Enkele voorbeelden:

'Kernenergie, verlichting of conflict', uitgave van de Milieufederatie Groningen, 1984.

'Tsjernobyl, 10 jaar later', uitgave van Greenpeace, 1996.

'Kernafval en kernethiek', onderzoek in opdracht van de Commissie Opberging Radioactief Afval, januari 2000.

'Kernafval in zout. Plannen 40 jaar oud', uitgave Stichting Laka Amsterdam, juni 2016.

'Gaswinning Groningen, een bewogen geschiedenis', uitgeverij Profiel, februari 2020.

'Kernenergie, kernafval en energie, feiten en ethiek', 4 april 2022.¹

'Kernenergie en kernafval in Zeeland en Noord-Nederland', 1 oktober 2022.²

'Inzicht in energie en energiegebruik', 17 oktober 2022.³

Opmerking over de bronvermeldingen. Onder meer de overheidsdocumenten worden op een voor ons onbekend moment verplaatst naar een archief en krijgen dan een andere naam, die moeilijk terug te vinden is. Daardoor kan het zijn dat sommige links niet meer werken. We hebben ons best gedaan om de juiste bronvermeldingen en links op te sporen. Als u echter een link tegenkomt die niet werkt, neem dan contact met ons op en dan gaan we ermee aan de slag. Wanneer u zelf de juiste link ontdekt heeft, stellen wij het zeer op prijs als u dat aan ons zou willen doorgeven.

Voorwoord

Vestigingsplaatsen: Borssele nr. 1, Maasvlakte reserve, Eemshaven niet

De regering wil het liefst twee nieuwe kerncentrales laten bouwen bij Borssele in Zeeland en de kerncentrale Borssele langer in bedrijf houden, staat in een op 9 december 2022 verschenen brief van de regering.⁴ De eerste voorbereidingen worden gestart voor twee kerncentrales die elk een vermogen van 1000 tot 1650 megawatt hebben. Ze zouden rond 2035 in bedrijf kunnen komen. De regering houdt de Maasvlakte achter de hand als locatie, mocht het in Zeeland toch niet lukken. Eind 2024 moet duidelijk zijn wie de kerncentrales mag gaan bouwen en waar.^{5 6} De Eemshaven wordt uit het wettelijk kader geschrapt als locatie voor kerncentrales.⁷

Hieraan ging een hele geschiedenis vooraf, zoals bijvoorbeeld over het aantal kerncentrales (zie tabel 1). Die geschiedenis vatten we hier samen in 19 onderwerpen.

De regering zou zorgen “voor veilige, permanente opslag van kernafval.” Dat staat in het regeerakkoord.⁸ De regering noemde de mogelijke vestigingsplaatsen voor de eindberging echter niet, maar zal in 2024 “een besluit te nemen over het maatschappelijke traject om te komen tot een eindberging.”⁹ Rob Jetten, minister voor Klimaat en Energie, zei op 20 december 2022 in de Tweede Kamer: “Staand beleid in Nederland is dat we pas in 2130 de eindberging gerealiseerd zullen hebben.”¹⁰ Dat lijkt ons niet in overeenstemming met het regeerakkoord.

Tabel 1

Gepland aantal kerncentrales

Jaar	Aantal
1972	30 ¹¹
1974	8 ¹²
1977	3 ¹³
1986	3 ¹⁴
2021	2 ¹⁵

In 1977 noemde de regering twaalf locaties voor nieuwe kerncentrales, waarvan vijf in Zeeland: Eemshaven, Urk, Ketelmeer, Flevo, Markerwaard, Wieringermeer, Maasvlakte, St. Philipsland, Tholen, Ossenisse, Bath/Hoedekenskerke en Borssele (zie figuur 1).¹⁶

Na vele discussies kwam de regering op 10 augustus 2009 met een nieuw voorstel: Moerdijk, Westelijke Noordoostpolderdijk, Maasvlakte, Eemshaven en Borssele.¹⁷ In 2010 nam de regering na inspraak een beslissing. Moerdijk viel af omdat er te veel mensen woonden; de Westelijke Noordoostpolderdijk viel af omdat bij een ernstig ongeluk “de strategische drinkwatervoorraad in het IJsselmeer radioactief kan worden verontreinigd.” Bleven over: Eemshaven, Maasvlakte en Borssele.¹⁸

De Tweede Kamer heeft echter op 10 maart 2021 met 95 tegen 54 stemmen een SP-motie aangenomen om de Eemshaven van de lijst te schrappen; VVD, CDA en SGP waren tegen.¹⁹ Uit een op 8 november 2021 gepubliceerd onderzoek van SmartPort naar een kerncentrale op de Maasvlakte volgde dat “kernenergie moeilijk ruimtelijk inpasbaar (is) op basis van de beschikbare ruimte en in combinatie met de ontwikkelingen in de Rotterdamse havenregio. (...) Het is dus niet logisch om juist daar een kerncentrale neer te zetten.”²⁰

Daaruit zou volgen dat alleen Borssele zou overblijven. Het provinciebestuur van Zeeland staat open voor de bouw van een of twee nieuwe kerncentrales in de provincie.²¹ De regering

heeft zich hierbij aangesloten en noemt twee nieuwe kerncentrales die in 2035 in bedrijf zouden kunnen komen.²²

Financiële risico's afwentelen op de bevolking?

Nieuwe kerncentrales worden niet gebouwd zonder financiële steun van de regering.²³ Of in de woorden van minister Jetten: “Overheidssteun is noodzakelijk om de financiële risico's te beperken en daarmee de financieringslasten.”²⁴

Daarom zijn manieren bedacht om de financiële risico's van de exploitant van de kerncentrale af te wentelen op de bevolking. Bijvoorbeeld: via de elektriciteitsrekening betaalt men een extra bedrag vanaf het begin van de bouw, dus jaren voordat een kerncentrale in bedrijf komt. De exploitant hoeft zo minder te lenen. Dat geeft lagere financieringskosten, die volgens het Nuclear Energy Agency zo'n 70% uitmaken van de totale bouwkosten.²⁵ Zo zou investeren in kernenergie aantrekkelijker kunnen worden. Het is een open vraag of alleen de bevolking van de regio waar die kerncentrale komt deze extra elektriciteitsheffing zou moeten betalen, maar dat lijkt ons wel logisch.

Drie belangrijke openstaande kwesties

1. Is de locatie Borssele bestand tegen zeespiegelstijging?

“Vestiging van kerncentrales aan de kust van Groot-Brittannië zijn mogelijk een risico vanwege de zeespiegelstijging en overstromingen door stormen; met dit toekomstig risico moet rekening gehouden worden.” Dat staat in een rapport van de UK Parliamentary Office Science and Technology van december 2022.^{26 27} Is dit ook van belang voor de bouw van nieuwe kerncentrales bij Borssele?

2. Opslag bij de buitendijkse COVRA?

De Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA) is buitendijks en naast bovengenoemde kwestie van overstromingen door de zeespiegelstijging is het onduidelijk welke nieuwe opslaggebouwen daar moeten komen. De gebruikte brandstofelementen van de kerncentrale Borssele gaan vanwege een speciaal en kostbaar contract tot 2034 naar de opwerkingsfabriek in het Franse La Hague.²⁸ Het is de vraag wat daarna gebeurt, aangezien deze opwerkingsfabriek volgens de huidige Franse wet in 2040 sluit en er geen nieuwe fabriek gepland is.^{29 30} Daarover zwijgen zowel de regering als de COVRA. In een op 7 februari 2023 verschenen rapport van de Nuclear Research and Consultancy Group (NRG) in Petten staat dat deze fabriek een langere levensduur zou kunnen krijgen: “In die zin lijkt de beschikbaarheid van de opwerkingscapaciteit voor Nederlandse klanten de komende decennia stabiel te blijven.”³¹ NRG gaat uit van een bedrijfsduur van nieuwe kerncentrales van 80 jaar. Maar dan zijn we in de volgende eeuw en dat is langer dan de komende decennia. Als niet kan worden opgewerkt zal volgens de NRG “de eindvorm verpakte gebruikte splijtstof zijn. Deze is sterk stralend en produceert nog langdurig warmte. (...) In speciale faciliteiten moeten splijtstofelementen eerst worden gedemonteerd en daarna in geschikte containers worden verpakt. (...) De huidige opslagfaciliteiten bij de COVRA zijn hiertoe niet ingericht en dienen derhalve te worden aangepast voor deze categorie radioactief afval.”³² Nieuwe kerncentrales betekenen dus ook andersoortige gebouwen bij de COVRA.

De Commissie voor de milieueffectrapportage heeft op 9 maart 2023 een advies uitgebracht over een nieuw gebouw dat de COVRA wil laten zetten voor de opslag van laag- en middelradioactief afval. Volgens de Commissie moet beter onderbouwd worden dat het nieuwe gebouw “voldoende rekening houdt met overstromingen” met als reden “de toenemende kans op overstromingen in de komende 100 jaar vanwege klimaatverandering.” Komt de COVRA onder water te staan?

3. Koeltorens nodig voor nieuwe kerncentrales?

Afgezien van de vraag of het verstandig is nieuwe kerncentrales aan de huidige kust te bouwen, is er discussie over de noodzaak van koeltorens.

Volgens Carlo Wolters, de directeur van Borssele, “hangt het echt af van het ontwerp waar we voor gaan kiezen of er koeltorens komen of niet. Ook moet er rekening gehouden worden met het warme water dat terug de Schelde inspoelt. Dat mag geen inbreuk op de natuur veroorzaken.”³³ Daarom gaat het hier om een openstaande vraag.

Figuur 1
Mogelijke vestigingsplaatsen kerncentrales



Bron: <https://www.laka.org/docu/boeken/pdf/1-01-0-23-06.pdf#page=2>

Inhoudsopgave

Enkele hoofdpunten samengevat.....	6
Hoofdstuk 1.....	7
Kernenergie maakt Nederland niet energie-onafhankelijk	
1 Kernenergie goed voor 1,5% energiegebruik en 3% elektriciteitsgebruik	
2 De reis van het uranium voor Borssele	
3 Ook met kernenergie EU nog steeds energie-afhankelijk van Rusland	
4 Zonne- en windenergie hoeven we niet te importeren	
5 Tien aanbevelingen om malafide Groningse toestanden te verhinderen	
Hoofdstuk 2.....	14
Nieuwe kerncentrales	
1 Kernenergie, waarborgingsbeleid en benodigde ruimte	
2 Kernenergie en de stijgende kosten	
3 Veiligheid kleine tot grotere kerncentrales zoals Rolls-Royce onbewezen	
4 Kernenergie geen oplossing broeikas-effect	
5 Kerncentrales vergen miljarden subsidie	
Hoofdstuk 3.....	22
De kerncentrale Borssele	
1 Gaat Borssele 60 jaar of langer mee?	
2 457 bedrijfsstoringen kerncentrale Borssele	
3 Rampenplan kerncentrale Borssele	
4 Kernenergie een onverzekerbaar risico	
Hoofdstuk 4.....	27
Tijdelijke en definitieve opslag van kernafval	
1 Honderd jaar bovengronds vanaf 1984, is dat tot 2130, en de zeespiegelstijging dan?	
2 Kernafval 1 miljoen jaar gevaarlijk, probleem niet opgelost	
3 Kernafval in soorten en maten	
<i>3.1 Nederland: 1.100 kubieke meter radioactief afval per jaar</i>	
<i>3.2 Borssele: 5.600 kilo plutonium</i>	
<i>3.3 Onzekere toekomst opwerking, overzicht hoeveelheden</i>	
<i>3.4 Deel radioactief afval blijft in buitenland</i>	
<i>3.5 Kleine hoeveelheid, langdurig gevaar</i>	
<i>3.6 Berging hoogradioactief afval in diepe boorgaten bij Petten, Almelo of ook Borssele?</i>	
4 Plannen opslag in zoutkoepels en kleilagen	
5 Nergens eindberging hoogradioactief afval in bedrijf	
Tot slot:	
Tegenstrijdige kernenergievisie Nederlandse en Duitse	
klimaatminister.....	38
Eindnoten	39

Enkele hoofdpunten samengevat

De huidige regering van VVD, D66, CDA en CU wil de kerncentrale Borssele langer in bedrijf houden dan tot 2034, stappen zetten voor de bouw van twee nieuwe kerncentrales, daarvoor 5 miljard euro reserveren en zorgen “voor veilige, permanente opslag van kernafval.”^{34 35}

Het valt ons op dat de plannen vooral gaan over de kerncentrales en dat de regering zwijgt over hoe gezorgd gaat worden voor de veilige, permanente opslag van kernafval.

Kerncentrales maken radioactief afval dat een miljoen jaar gevaarlijk blijft.³⁶ In Zeeland is de bovengrondse opslag van radioactief afval bij de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA). Daarbij gaat het volgens de COVRA om opslag voor honderd jaar. De vraag blijft hoe een veilige opslag de resterende 999.900 jaar gewaarborgd wordt.

De kosten van kernenergie waren en zijn een heet hangijzer. Vanaf de jaren zeventig was het idee dat grotere kerncentrales goedkopere elektriciteit zouden leveren, maar dat blijkt niet zo te zijn.³⁷ De kernenergie wereld noemt tegenwoordig centrales met minder grote vermogens, zoals een ontwerp van Rolls-Royce.^{38 39 40} Die kerncentrale kan evenveel stroom leveren als de kerncentrale Borssele. Blijkbaar is groter niet meer goedkoper. We geven weer wat we weten over deze Rolls-Royce kerncentrale. In de discussie wordt regelmatig verwezen naar kerncentrales op thorium en op basis van kernfusie. Kerncentrales op thorium zijn niet voor het jaar 2035 te koop.^{41 42} Hetzelfde geldt ook voor kernfusiereactoren.^{43 44} Voor de volledigheid noemen we deze reactoren, maar gaan er hier niet verder op in.

In de kerncentrale Borssele hebben zich in totaal 457 bedrijfsstoringen voorgedaan. Daarbij vielen op gezette tijden belangrijke veiligheidsvoorzieningen uit, maar er is gelukkig geen ramp gebeurd. De overheden gaan uit van een mogelijke ramp met een kerncentrale. Daarvoor is een rampenplan gemaakt. Als men ervan overtuigd zou zijn dat er nooit wat zou kunnen gebeuren, zou een dergelijk plan overbodig zijn. Ook voor de kerncentrale Borssele is er zo'n rampenplan.⁴⁵ Dat de regering jodiumtabletten uitdeelt, laat zien dat we terdege rekening moeten houden met een ernstig kernongeval. Het gaat hier om een gebied tot op 100 kilometer van een kerncentrale.⁴⁶ Maar als kernenergie veilig zou zijn, dan zijn jodiumtabletten niet nodig. Jodiumtabletten uitdelen betekent dat de regering aanvaardt dat kernenergie onveilig is. Ze geven schijnveiligheid. Bovendien is kernenergie een onverzekerbaar risico en in de visie van verzekeringsmaatschappijen onveilig, luidt onze conclusie.^{47 48}

Rob Jetten, minister voor Klimaat en Energie, schreef op 1 juli 2022 aan de Tweede Kamer: “Kernenergie maakt CO₂-arme productie van energie mogelijk en kan daardoor bijdragen aan het behalen van de klimaatdoelen.”⁴⁹ Daarbij veronderstelde hij dat er bij kernenergie bijna geen uitstoot is van het broeikasgas CO₂. Dat is echter onjuist, want er is een niet te verwaarlozen CO₂-uitstoot door o.a. de bouw van een kerncentrale, de winning van de brandstof uranium en de ontmanteling van de centrale. Men noemt dit de indirecte CO₂-uitstoot.

Kernenergie maakt Nederland niet onafhankelijk van het buitenland. Twee nieuwe kerncentrales maken maar een gering deel uit van de totale energievoorziening, overeenkomend met wat de kolencentrales nu leveren.

Uranium, de brandstof van de kerncentrale Borssele, komt echter ook uit het buitenland.⁵⁰

Bovendien is de Europese Unie wat betreft kernenergie sterk afhankelijk van Rusland en men wil daar geen verandering in aanbrengen.^{51 52 53}

Alleen elektriciteit uit zon en wind maakt Nederland onafhankelijk van de invoer van energie uit het buitenland.

Hoofdstuk 1

Kernenergie maakt Nederland niet energie-onafhankelijk

De laatste tijd komen we, mede door de oorlog in Oekraïne, pleidooien tegen om wat betreft de energievoorziening onafhankelijk te worden van het buitenland. Daarom zouden kerncentrales gebouwd moeten worden. Deze bewering is echter onjuist. De regering heeft plannen voor twee nieuwe kerncentrales en die maken maar een gering deel uit van de totale energievoorziening, overeenkomend met wat de kolencentrales nu leveren.

Uranium, de brandstof van de kerncentrale Borssele, komt echter ook uit het buitenland.

Bovendien wordt bij die bewering vergeten dat de Europese Unie wat betreft kernenergie sterk afhankelijk is van Rusland en daar geen verandering in wil aanbrengen.

Alleen elektriciteit uit zon en wind maakt Nederland onafhankelijk van de invoer van energie uit het buitenland.

1 Kernenergie goed voor 1,2% energiegebruik en 3% elektriciteitsgebruik

De kerncentrale Dodewaard in de provincie Gelderland met een elektrisch vermogen van 54 Megawatt (MW) kwam in maart 1969 in bedrijf en sloot in 1997.^{54 55} Op 3 juli 1973 leverde de kerncentrale Borssele (bijna 500 MW) de eerste stroom.⁵⁶ Op 3 juli 2023 zal de kerncentrale 50 jaar in bedrijf zijn, hoewel de oorspronkelijk voorziene bedrijfsduur veertig jaar was.⁵⁷ Toch mag de kerncentrale volgens de huidige vergunning tot eind 2033 in bedrijf blijven.^{58 59 60} Deze kerncentrale was in 2021 goed voor 1,2% van het totale Nederlandse energiegebruik en zowel in 2021 als in 2022 voor 3% van de elektriciteitsproductie (zie tabel 1.1 en 1.2).⁶¹

Volgens het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA) is kernenergie nu 2% en in het jaar 2050 tussen de 1,9 en 3,7% van het wereldwijde energiegebruik.⁶²

Tabel 1.1

Energiegebruik Nederland 1980 en 2017 t/m 2021 in percentages^{63 64 65 66 67 68 69 70 71 72}

jaar	1980	2017	2018	2019	2020	2021
aardgas	46,4	41	42	45	45	43
olie	46,5	38	38	36	36,5	36,5
kolen	5,7	12	11	8,6	6,5	8
kernenergie	1,4	1	1	1	1,1	1,2
zon en wind	0	1,4	1,6	1,8	4	4,3
biomassa	0	4,0	4	5,5	5,4	5
overige	0	2,6	2,4	2,1	1,5	2

Noot: overige betekent energie uit afval, waterkracht, bodemwarmte en invoer elektriciteit; Energie = Elektriciteit (ca. 20%) + warmte (gebouwen en industrie: ca. 40%) + transportbrandstof (ca. 40%).

Tabel 1.2

Elektriciteitsproductie Nederland 2000, 2010, 2020, 2021 en 2022; percentages per bron^{73 74 75 76}

jaar	2000	2010	2020	2021	2022
aardgas	58,2	62,3	58,7	47	40
kolen	26	18,5	6,2	14	14
kernenergie	4,3	3,4	3,3	3	3
zon en wind	0,9	3,5	19,5	25	33
biomassa	2,2	6,0	7,2	8	7
overige fossiel	5,0	3,6	3,1	2,5	2,5
overige	3,4	2,7	2,0	0,5	0,5

Volgens het Jaarverslag 2020 van EPZ, de exploitant van de kerncentrale, leverde Borssele 3,8 miljard kWh en deed het daarmee uitzonderlijk goed.⁷⁷ Dat komt overeen met ongeveer 10 miljoen kWh per dag. Het Nederlandse elektriciteitsgebruik was 122 miljard kWh.⁷⁸ Daarmee was de kerncentrale Borssele goed voor 3% van het elektriciteitsgebruik.

Stel als gedachte-experiment dat de twee kerncentrales die de regering wil laten bouwen, nu al in bedrijf zouden zijn. Aangenomen dat het kerncentrales zijn van elk 1.000 MW, zou het gaan om 2.000 MW kernenergie erbij in plaats van elektriciteitsproductie uit bijvoorbeeld aardgas of kolen. Daarmee zou met de kerncentrale Borssele erbij 2.500 MW kernenergie in bedrijf zijn. We kunnen dan uitrekenen dat kernenergie zou zorgen voor 6% van het energiegebruik en 15% van het elektriciteitsgebruik. Dat komt overeen met wat de kolencentrales in 2021 produceerden. De afhankelijkheid van het buitenland voor wat betreft de invoer van olie blijft dan bestaan.

2 De reis van het uranium voor Borssele

De kerncentrale Borssele is voor de winning en verwerking van de brandstof uranium grotendeels afhankelijk van het buitenland.

Het uranium voor de kerncentrale Borssele wordt in mijnen in Kazachstan gedolven. Ter plekke wordt in een chemische fabriek het bruikbare deel uranium uit het erts gehaald. Vervolgens gaat het per vrachtwagen naar een haven en per schip naar Engeland om daar per vrachtwagen naar een fabriek te worden gebracht, waar het gasvormig gemaakt wordt. Met een vrachtwagen, een schip en vervolgens weer een vrachtwagen gaat het naar de verrijkingsfabriek van Urenco in Almelo. Het verrijkte uranium gaat per vrachtwagen naar een splijtstofstavenfabriek in Duitsland of Frankrijk. Daarna bereiken de splijtstofstaven per vrachtwagen of trein de kerncentrale Borssele.

Als de splijtstofstaven uitgewerkt zijn, worden ze per trein of vrachtwagen naar een opwerkingsfabriek in Frankrijk vervoerd. Het kernafval, hoog-, middel- en laagradioactief, wordt bij de COVRA dicht bij de kerncentrale Borssele bovengronds opgeslagen in bunkers. Uiteindelijk zal al het afval ook nog vervoerd moeten worden naar een definitieve berging in zout of klei.⁷⁹

3 Ook met kernenergie EU nog steeds energie-afhankelijk van Rusland

We lezen herhaaldelijk dat Rusland de oorzaak is van de hoge aardgasprijzen en dat kernenergie kan helpen om minder afhankelijk te worden van Rusland. Dat klopt echter niet, blijkt uit enig rekenwerk. Hiervoor hebben we gebruik gemaakt van het Statistisch Zakboek van de Europese Unie van 28 september 2021 en van het Jaarverslag 2020 van het Euratom Supply Agency (ESA) van 10 juli 2021.^{80 81}

Hierin staat dat de Europese Unie (EU) behalve aardgas ook kolen, olie en uranium uit Rusland haalt. In percentages: 37% van het aardgas dat de EU gebruikt komt uit Rusland; voor kolen gaat het om 32% en voor olie om 26%.

Bij kernenergie spelen drie factoren een rol: 20% van het in kerncentrales gebruikte uranium komt uit Rusland. Om uranium te kunnen verrijken is eerst omzetting van de vaste stof in gasvormig uranium nodig, dat heet conversie. De fabrieken voor deze conversie staan onder meer in Rusland en zorgen voor 24% van het uranium dat de EU nodig heeft. Bij verrijking gaat het om 26%.

Het uranium dat resteert bij opwerking in Frankrijk gaat eveneens naar Rusland. Dat geldt ook voor het gebruikte uranium van de kerncentrale Borssele, bleek uit een uitspraak van de Reclame Code Commissie van 30 november 2022.^{82 83} Dit is een indirecte relatie met Rusland, waar EPZ tot dan over zweeg.

In 2019 importeerde de EU 167 miljard m³ aardgas uit Rusland. Volgens het Jaarverslag over 2020 van het Russische bedrijf Gazprom was dit 175 miljard m³ in 2020.⁸⁴ Kortom, stoppen met de import van aardgas uit Rusland betekent niet dat de EU daarmee onafhankelijk wordt van dit land. Meer kernenergie in de EU kan juist een grotere afhankelijkheid van Rusland betekenen. Des te opvallender is het dat de Europese Unie tot nu toe geweigerd heeft sancties in te stellen tegen Rusland wat betreft kernenergie.^{85 86 87}

4 Zonne- en windenergie hoeven we niet te importeren

We krijgen in Nederland van de zon gemiddeld per jaar 35 keer zoveel energie als we nodig hebben voor verwarming, industrie, auto's en de opwekking van elektriciteit.⁸⁸ We hebben niet zozeer een energieprobleem als wel een energie-omzettingsprobleem en een ruimteprobleem voor de plaatsing van al die zonnepanelen. Een voorbeeld: voor 100% duurzame elektriciteit uit zon en wind is in Duitsland 2,5% van het grondoppervlak nodig, blijkt uit een rapport van het Öko-Institut en Prognos dat op 16 oktober 2018 verschenen is.⁸⁹ Het Joint Research Center van de Europese Unie heeft op 9 oktober 2019 een rapport uitgebracht over energie en het benodigde landgebruik. Zowel zonne- als windenergie kunnen drie keer zoveel elektriciteit opwekken als de EU in 2016 gebruikte. Zonne-energie gebruikt dan 1,4% van het landoppervlak en windenergie op land 16%.⁹⁰ Dit staat los van de Nederlandse plannen voor wind op zee, die maken dat minder landoppervlak nodig is.

5 Tien aanbevelingen om malafide Groningse toestanden te verhinderen

Na het uitlekken van de plannen voor twee nieuwe kerncentrales in Zeeland ontstond een discussie over de rol van de regio. Verschillende keren werd daarbij verwezen naar Groningen. Zo stelde bijvoorbeeld burgemeester Gerben Dijksterhuis (ChristenUnie) van de gemeente Borsele: "We willen hier geen Groningse toestanden."⁹¹ Daar heeft hij groot gelijk in en daarom geef ik hier aanbevelingen om dergelijke toestanden te voorkomen.

Ik meen deze aanbevelingen te kunnen doen als inwoner van de stad Groningen. Veertig jaar geleden deed ik mee aan de Brede Maatschappelijke Discussie over (kern)energie en verwonderde me toen al over hoe het allemaal ging. De afgelopen jaren heb ik me verdiept in de gevolgen van de gaswinning uit het Groningen-veld. Daarover heeft de Raad voor het Openbaar Bestuur eind november jl. een onderzoeksrapport uitgebracht. Dat rapport gaat over de door de regering ingestelde zogeheten Dialoogtafel waarvan Jacques Wallage, oud-burgemeester van Groningen, de voorzitter was. De Dialoogtafel was opgezet om de overheid, het bedrijfsleven en de bewoners op een gelijkwaardige manier met elkaar in contact te brengen, maar dat mislukte in de praktijk. Volgens Wallage ging het "om meer dan een gemiste kans. Het is eigenlijk ernstiger dan dat. Het is een poging geweest om de Groningers verantwoordelijk te maken voor allerlei oplossingen (...). Ik vind dat zelf malafide. Ik vind dat daar heel ernstige dingen zijn gebeurd."

Burgemeester Dijksterhuis heeft groot gelijk dat hij geen Groningse toestanden wil. Maar wat dan wel? Hoe zou een zinvolle discussie over kernenergie in Zeeland eruit kunnen zien? Aan welke randvoorwaarden zou in ieder geval voldaan moeten worden? Wat kunnen we leren van de Brede Maatschappelijke Discussie (Kern)energie die van 1981 tot 1984 werd gehouden? Wat is de rol van waarden in een discussie? Eerst bespreek ik deze onderwerpen. Gebruik makend van de vele rapporten over kernenergie en kernafval, en ook over de gevolgen van de aardgaswinning in Groningen, noem ik vervolgens tien randvoorwaarden voor een zinvolle discussie.^{92 93}

5.1 Brede Maatschappelijke Discussie (Kern)energie 1981-1984 en de rol van feiten

De Brede Maatschappelijke Discussie over (kern)energie was tot nu toe het beste Nederlandse voorbeeld om te onderzoeken waarom men het al dan niet eens is over feiten.

De minister van Economische Zaken Van Aardenne kondigde op 18 juli 1978 een maatschappelijke discussie aan over de toepassing van kernenergie voor de elektriciteitsopwekking.⁹⁴

Het duurde tot 3 juli 1981 voordat de Stuurgroep Maatschappelijke Discussie kon worden geïnstalleerd. De reden daarvan was dat Van Aardenne in eerste instantie geen voorzitter kon vinden. Uiteindelijk werd dat jonkheer De Brauw.⁹⁵

De Stuurgroep heeft veel literatuur bestudeerd en stelde vast dat er een aantal kwesties was waarover de feiten en de meningen over feiten ver uiteenliepen. Om daar meer helderheid in te krijgen organiseerde de Stuurgroep BMD in 1982 een aantal zogeheten controversezittingen, onder meer over opslag en verwerking van kernafval. De bedoeling daarvan was om het zo goed mogelijk eens te worden over de feiten dan wel om te onderzoeken waar de onenigheid op gebaseerd was.

De Stuurgroep stuurde op 27 augustus 1982 een uitnodiging aan een aantal instellingen en organisaties om mee te doen aan de controversezitting ‘Verwerking en opbergen van radioactief afval’ op 6 oktober 1982.⁹⁶

De Stuurgroep nodigde deelnemers op grond van schriftelijke inbreng uit. De genodigden stelden vervolgens schriftelijke vragen op die door de Stuurgroep werden rondgestuurd. Om een uitsluitend technische discussie tegen te gaan stelde de Milieufederatie Groningen een groot aantal vragen met een maatschappelijk-politieke inhoud op. In een gesprek met de staf van de Stuurgroep werd op 30 september 1982 overeenstemming bereikt over voorkeur en volgorde van de aangedragen onderwerpen.

Op 1 oktober 1982 stelde de Stuurgroep het draaiboek voor de controversezitting vast. In totaal werden 115 vragen ingediend. Slechts 21 daarvan werden door bijvoorbeeld het Energie Centrum Nederland (ECN), de KEMA en de groep Kernenergie Allicht gesteld.

Van de 115 ingediende vragen kwamen er 44 aan de orde, die in de loop van de dag steeds korter en oppervlakkiger werden beantwoord.

De controversezitting was een van de uiterst zeldzame momenten, waarop verschillende visies en feiten rechtstreeks met elkaar geconfronteerd werden. De tijd bleek helaas te kort om verschillende thema’s goed te kunnen behandelen.

Anno 2023 moeten we dat beter kunnen doen.

5.2 Neem kernwaarden van mensen op in inspraakprocedures

“Met grote projecten zie je regelmatig dat ze van bovenaf, meer top down, worden opgelegd. De overheid of ontwikkelaar bepaalt dat er een project moet komen en de omgeving heeft hier niet zoveel over te zeggen. Het gevoel van procesrechtvaardigheid van de bewoners ontbreekt dan. Men vindt dat men buitengesloten wordt en dit roept weerstand op.” Dat stelt Goda Perlaviciute, adjunct-hoogleraar omgevingspsychologie aan de Rijksuniversiteit Groningen. Ze is gepromoveerd op het onderwerp publieke acceptatie van duurzame projecten. Uit haar onderzoek en een publicatie van 21 februari 2023 zijn ook conclusies te trekken voor bijvoorbeeld besluiten over kernenergie.^{97 98}

Perlaviciute concludeert dat waarden die mensen persoonlijk belangrijk vinden een grote rol spelen. Ze noemt vier types waarden: milieuwaarden (natuur), altruïstische waarden (welzijn van anderen), egoïstische waarden (bezit) en hedonistische waarden (comfort). Als je kijkt naar de psyche van de mens spelen deze waarden een rol. “Wat betekent dit voor de natuur, wat betekent het voor mijn gemeenschap en voor mij persoonlijk? Gaat mijn huis in waarde achteruit en hoe zit het met mijn uitzicht”, zo somt Perlaviciute op.

Daarnaast is het van groot belang hoe het proces van besluitvorming verloopt en hoe de lusten en de lasten worden verdeeld: “Met grote projecten zie je regelmatig dat ze meer top down worden opgelegd. De overheid of ontwikkelaar bepaalt dat er een project moet komen en de

omgeving heeft hier niet zoveel over te zeggen. Het gevoel van procesrechtvaardigheid van de bewoners ontbreekt dan. Men vindt dat men buitengesloten wordt en dit roept weerstand op.” Haar onderzoek laat zien dat het draagvlak wordt vergroot als het proces correct is verlopen. Dus zelfs als bewoners een project niet heel prettig vinden, begrijpen ze waarom bepaalde besluiten zijn genomen. Tevens is van belang dat inzichtelijk wordt hoe de lusten en lasten worden verdeeld. “Als één gemeenschap alle lasten en hinder heeft, terwijl de opgewekte schone energie naar iedereen gaat, kan dat een gevoel van onrechtvaardigheid oproepen,” stelt Perlaviciute. Ze pleit er dan ook voor om de kernwaarden van mensen op te nemen in inspraakprocedures.

5.3 Tien randvoorwaarden voor een zinvolle discussie

1. Vanaf het begin staat vast dat ethische en maatschappelijke factoren een volwaardige rol spelen in de discussie. Alle groepen die belang hebben bij de kwestie moeten de mogelijkheid krijgen mee te doen aan de discussie.

2. Op het moment dat de discussie begint, zijn de conclusies nog open. Een discussie om al genomen beslissingen te legitimeren heeft weinig betekenis, leert de geschiedenis ons.⁹⁹

3. De overheid is niet de geschikte instantie om de discussie te organiseren, omdat zij in het verleden duidelijk partij heeft gekozen.

4. Degenen die kritisch staan tegenover kernenergie krijgen fondsen om hun standpunt nader te onderbouwen. Financieel moet er gelijkwaardigheid zijn tussen de verschillende partijen.

5. Discussie is slechts mogelijk op basis van een zorgvuldige definitie van waar het om gaat en welke alternatieven er zijn. Gaat het om een onbepaalde verlenging van de levensduur van de kerncentrale Borssele of is er een einddatum aan? Hebben de twee nieuwe kerncentrales die gepland zijn een elektrisch vermogen van 500 of van 1500 Megawatt? Blijft het bij twee nieuwe kerncentrales? Is een eindberging voor het radioactieve afval een voorwaarde voor de productie van elektriciteit uit kernenergie? Het is van belang dat de overheid zich op dit punt vastlegt.

6. Er moet op korte termijn een onafhankelijke instantie komen, die de discussie begeleidt en erop toeziet dat alle aspecten ruim aandacht krijgen. Of het nu gaat om de huisvesting van bouwvallers voor nieuwe kerncentrales, de veiligheidsvoorzieningen van kerncentrales, de verantwoordelijkheid voor natuur en milieu of de verplichtingen tegenover toekomstige generaties: alles moet meetellen.

7. De verschillende ethische uitgangspunten en de verschillende oordelen over risico's zijn evenzovele redenen waarom een discussie niet vanzelf zal gaan. De verschillende partijen zullen aan elkaar moeten wennen en van elkaar moeten leren. Dit proces, ook wel sociaal leren geheten, vergt tijd en begeleiding.

8. Belangrijk is goede informatie en communicatie. Het is van belang eerst zoveel mogelijk duidelijkheid te verschaffen over waar de verschillende partijen het over eens of oneens zijn. Daartoe is vaak nadere studie vereist, gevolgd door een confrontatie tussen de verschillende argumentaties.

9. Een locatie-vrije discussie is wezenlijk.

De Engelse geoloog Philip Richardson omschreef de gang van zaken in Engeland en Zweden in de jaren tachtig als: ‘Decide - Announce - Defend (DAD), ofwel: ‘Besluiten - Aankondigen - Verdedigen’ (BAV).^{100 101} De regeringen besloten dat bepaalde plaatsen geschikt waren voor nieuwe kerncentrales of de opslag van kernafval. Dit besluit werd aan de bevolking meegedeeld. Daarop ontstond verzet en was het beleid van de regering erop gericht het besluit te verdedigen tegen de oppositie. De BAV-methode heeft echter overal gefaald.

10. Vrijwilligheid hoeft geen breed draagvlak te geven.

Als reactie op het falen van de BAV-methode gingen sommige regeringen over tot een locatiekeuze die min of meer rekening hield met vrijwilligheid. Er bestaan vier varianten. De eerste variant geeft de lokale overheid een veto in alle stadia van het proces. In de tweede variant behoudt de overheid zich het recht voor om een locatie aan te wijzen met het oog op het nationaal belang. Ook komt het voor (derde variant) dat de overheid locaties met nucleaire installaties nadrukkelijk uitnodigt om te solliciteren naar de opslag, zoals in Zweden gebeurd is toen in 1995 maar twee locaties zich vrijwillig hadden aangemeld. Volgens de vierde variant gebruikt de overheid prikkels om de vrijwilligheid aan te sporen of uit te lokken: het gaat dan om financiële compensatie. De discussies van de afgelopen jaren hebben echter geleerd dat deze vier varianten van vrijwilligheid niet hebben geleid tot een breed draagvlak.

De tien hierboven genoemde randvoorwaarden geven een raamwerk voor deze dialoog, waarbij met name de plaatselijke en regionale bevolking en instanties een volwaardige rol krijgen. Uiteraard kunnen ze verder uitgewerkt worden. Als er vanuit Zeeland belangstelling voor is, werk ik daar graag aan mee.

5.4 Dialoog met de bevolking

Minister Jetten wil een dialoog met de bevolking: “De samenwerking met zowel overheden als burgers, moet vorm krijgen in het participatieplan, dat ik samen met de staatssecretaris van IenW begin 2023 gereed zal hebben. (...) Op lokaal niveau zal het publieke debat betrekking hebben op de voorwaarden waaronder realisatie van de twee nieuwe centrales mogelijk is. Op nationaal niveau zal het publieke debat betrekking hebben op de rol van kernenergie in het energiesysteem. (...) Om geen valse verwachtingen te wekken, zal vooraf goed in beeld moeten worden gebracht welke ruimte er is voor participatie en wat er met de uitkomsten gedaan zal worden.”¹⁰²

5.5 Pleidooi voor eerlijke verdeling beschikbare gelden

Op 16 februari 2023 heeft het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) een aantal documenten gepubliceerd over 5 miljoen subsidie voor kennis over kernenergie.¹⁰³ Het ging om de uitvoering van een amendement van VVD en Volt over nucleaire kennis. De Stichting Laka had via de Wet Open Overheid (WOO) om deze informatie gevraagd. Een van de onderwerpen die in de 189 pagina’s regelmatig terugkomen, is het plan voor een publiekscentrum in Zeeland. Zowel Urenco (uraniumverrijking Almelo) als NRG (kernenergiecentrum Petten), Nucleair Nederland en de afdeling Technische Natuurwetenschappen van de TU Delft hebben het hierover. Het meest recente voorstel komt van het Zeeuwse energiebedrijf EPZ en de organisatie voor de opslag van kernafval COVRA. Op 8 november 2022 schreven ze aan het ministerie van EZK dat ze “een toenemende behoefte van het publiek” vaststellen aan voorlichting over energie en “kernenergie in het bijzonder.” Daarom willen EPZ en COVRA “onderzoek doen naar de mogelijke realisatie van een publiekscentrum, omdat wij een brede betrokkenheid van het publiek bij kernenergie belangrijk vinden.”

Het is niet bekend of EPZ en de COVRA intussen subsidie hiervoor hebben gekregen, maar het ligt voor de hand dat ook organisaties met een andere insteek over kernenergie een publiekscentrum mogen inrichten en de helft van genoemd bedrag van 5 miljoen euro krijgen.

Hoofdstuk 2

Nieuwe kerncentrales

1 Kernenergie, waarborgingsbeleid en benodigde ruimte

In 1977 noemde de regering twaalf locaties voor nieuwe kerncentrales, waarvan vijf in Zeeland: Eemshaven, Urk, Ketelmeer, Flevo, Markerwaard, Wieringermeer, Maasvlakte, St. Philipsland, Tholen, Ossensisse, Bath/Hoedekenskerke en Borssele.¹⁰⁴ Dat veroorzaakte veel rumoer en leidde begin jaren tachtig tot de Brede Maatschappelijke Discussie over kernenergie. Resultaat: de meerderheid van de bevolking wilde geen nieuwe kerncentrales. De regering zag dat anders en besloot in januari 1985 tot de start van de Planologische Kernbeslissing (PKB) Vestigingsplaatsen voor kerncentrales.¹⁰⁵

In januari 1986 volgde het regeringsbesluit, de PKB Vestigingsplaatsen voor kerncentrales deel d.^{106 107} Hierin lezen we: “Gewaarborgd moet worden dat bovenbedoelde locaties ook later nog zoveel mogelijk voldoen aan de belangrijkste criteria van de selectie van de vestigingsplaatsen. (...) In het gebied van 0 tot 5 kilometer rond een (geplande) kerncentrale is het beleid gericht op het handhaven van gunstige lage bevolkingsdichtheden en op het vermijden van de vestiging van voorzieningen die tot aanwezigheid van grote aantallen moeilijk te verplaatsen mensen kunnen leiden. (...) In een gebied van 5 tot 20 kilometer rond een (geplande) kerncentrale is een ontwikkeling volgens de ruimtelijke doelstellingen voor dat gebied in beginsel toegestaan. Dit beleid wordt gevoerd door toetsing van streek-, structuur- en bestemmingsplannen voor het betreffende gebied” (PKB, deel d, pagina 8). Ook zijn explosiegevaarlijke inrichtingen binnen 3 kilometer verboden. Dit alles betekent dat toekomstige, “nu nog niet bekende ontwikkelingen met betrekking tot woningbouw, bevolking, recreatie, voorzieningen en/of industriële bedrijvigheid, enige praktische consequenties zullen ondervinden van het waarborgingsbeleid.” (PKB, deel d, p 64) Door het ongeluk met de kerncentrale in Tsjernobyl in april 1986 gingen de plannen voor nieuwe kerncentrales echter langdurig de ijskast in.

Op 10 augustus 2009 verscheen het Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEV III) onder verantwoordelijkheid van de ministers Van der Hoeven (CDA) en Cramer (PvdA). In het SEV III ging het ook om het “waarborgingsbeleid kernenergie,” waarin de 5 locaties waren opgenomen voor een mogelijke kerncentrale: Moerdijk, Westelijke Noordoostpolderdijk, Maasvlakte, Eemshaven en Borssele.¹⁰⁸ Volgens de regering kon alleen op de Maasvlakte een kerncentrale aangelegd en gebouwd worden “zonder risico’s voor significante gevolgen” voor de omgeving. Bij de andere locaties (Eemshaven, Westelijke Noordoostpolderdijk, Borssele en Moerdijk) waren kleine kansen op ongelukken met grote gevolgen.

Na inspraak kwam de regering in 2010 tot een beslissing. Vanwege de bovengenoemde zone van vijf kilometer, viel Moerdijk af omdat er te veel mensen woonden; de Westelijke Noordoostpolderdijk viel af omdat bij een ernstig ongeluk “de strategische drinkwatervoorraad in het IJsselmeer radioactief kan worden verontreinigd.” Bleven dus over: Eemshaven, Maasvlakte en Borssele.¹⁰⁹ De Tweede Kamer heeft op 10 maart 2021 met 95 tegen 54 stemmen een SP-motie aangenomen om de Eemshaven van de lijst te schrappen; VVD, CDA en SGP waren tegen.¹¹⁰ Uit een op 8 november 2021 gepubliceerd onderzoek van SmartPort naar kernenergie op de Maasvlakte volgde dat “kernenergie moeilijk ruimtelijk inpasbaar (is) op basis van de beschikbare ruimte en in combinatie met de ontwikkelingen in de Rotterdamse havenregio. (...) Het is dus niet logisch om juist daar een kerncentrale neer te zetten.”¹¹¹ Daaruit zou volgen dat alleen Borssele overblijft. De regering wil het liefst twee nieuwe kerncentrales laten bouwen bij Borssele, maar in de “procedures wordt Rotterdam meegenomen als alternatieve locatie.”¹¹² Op 9 december 2022 stelde minister Jetten:

“Eemshaven wordt niet overwogen voor de twee nieuw te bouwen centrales en het kabinet is voornemens Eemshaven als waarborglocatie uit het wettelijk kader te schrappen.”¹¹³

Het waarborgingsbeleid kwam erop neer dat de regering wilde voorkomen dat vooral binnen een straal van vijf kilometer nieuwe fabrieken met veel werknemers of grote wooncomplexen (bijvoorbeeld seniorenflats) of recreatiegebieden werden aangelegd. En dit beleid is nog steeds van kracht.

Een kerncentrale heeft daarnaast een groot oppervlak aan water nodig voor koeling. Voor de kerncentrale Borssele gaat het om 63.000 kubieke meter per uur.¹¹⁴ Hier gaat het om zout zeewater. Maar er is ook vers water, drinkwater uit de kraan, nodig voor de koeling van de gebruikte brandstofelementen. Om hoeveel het gaat voor de kerncentrale Borssele is niet bekend. Wel weten we dat in Groot-Brittannië de kerncentrale Sizewell B (1250 Megawatt; 2,5 keer het vermogen van Borssele) dagelijks 800.000 liter water per dag nodig heeft.¹¹⁵

¹¹⁶Dat zijn geen geringe hoeveelheden, die daardoor niet voor huishoudelijke consumptie beschikbaar zijn.

2 Kernenergie en de stijgende kosten

Met kernenergie is iets merkwaardigs aan de hand. Bij veel producten (radio, tv, computer) zien we dat de prijs in de loop van de tijd naar beneden gaat. Dat heet de leercurve, die aangeeft dat geleerd wordt uit ervaringen en dat mede onder invloed van de technologische ontwikkeling de prijs daalt.

Bij kernenergie is dat niet het geval (zie tabel 2.1). Sinds 1970 zijn de investeringskosten per kilowatt in de Verenigde Staten met een factor 5 en in Frankrijk met een factor 3 gestegen. Dat heet een negatieve leercurve. De investeringskosten van zonne- en windenergie zijn daarentegen gedaald, dat is de positieve leercurve.^{117 118 119}

Wetenschappers van het Massachusetts Institute of Technology hebben op 18 november 2020 een studie gepubliceerd over de kosten van kernenergie. Op basis van de bouwkosten van kerncentrales in de Verenigde Staten van de afgelopen vijftig jaar kwamen ze tot een onverwachte conclusie. De verwachting was dat de bouw van de eerste kerncentrale meer zou kosten dan de bouw van de volgende kerncentrales van hetzelfde ontwerp. Men zou leren van de ervaringen van de bouw van de eerste kerncentrale. De wetenschappers concludeerden echter dat de bouw van de volgende kerncentrales juist meer kostte. Ze bepaalden de leercurve door het verband te onderzoeken tussen de kostprijs en het aantal installaties. Het plaatsen van meerdere identieke gebouwen of installaties zou de prijs per stuk doen dalen door leereffecten. Bij hernieuwbare energie bedroeg de leercurve 7 tot 12%. Bij kernenergie was de leercurve echter min 115%. Dat had te maken met de steeds strengere veiligheidseisen, maar belangrijker waren andere oorzaken. Reactoren werden in de loop van de tijd steeds complexer, met als gevolg dat de bouwkosten bijna exponentieel stegen met de complexiteit van het project. Het herhalen van nucleaire projecten leidde op zich tot positieve leereffecten, maar ieder project vereiste steeds zoveel maatwerk dat dit positieve effect teniet gedaan werd.¹²⁰

Een voorbeeld. In 2013 werden in Groot-Brittannië de bouwkosten van twee EPR-kerncentrales van elk 1630 MW op (omgerekend) 19,5 miljard euro geschat.¹²¹ Op 21 februari 2023 bleek dat deze kosten zijn gestegen naar 45 miljard euro, dat is 22,5 miljard euro per kerncentrale.¹²²

Op 7 juli 2021 publiceerde het ministerie van Economische Zaken en Klimaat de door het consultancybureau gemaakte Marktconsultatie kernenergie.¹²³ Daarin staat dat niet met name genoemde marktpartijen interesse hebben om een kerncentrale in Nederland te bouwen. Maar dan moet wel aan 42 vooral financiële voorwaarden voldaan zijn: “de substantiële

financieringsomvang, substantiële risico's en doorlooptijd maken dat de betrokkenheid van de overheid onvermijdelijk lijkt. Dit kan dan onder meer door het verstrekken van garanties door de overheid om met name financieringsrisico's acceptabel te laten zijn.”

Ook op Europese schaal ziet de toekomst voor kernenergie er niet rooskleurig uit als gevolg van de stijgende kosten. Het onderzoeksbureau Rystad Energy heeft op 26 oktober 2022 een rapport gepresenteerd over de Europese energievoorziening. Hoewel in dat rapport de nadruk ligt op aardgas, gaat het ook over kernenergie. Het resultaat is dat het aandeel kernenergie in de elektriciteitsopwekking zal dalen van 28% in 1994 naar 7% in 2050 (zie figuur 2.1).

Tabel 2.1
Bouwkosten kerncentrales

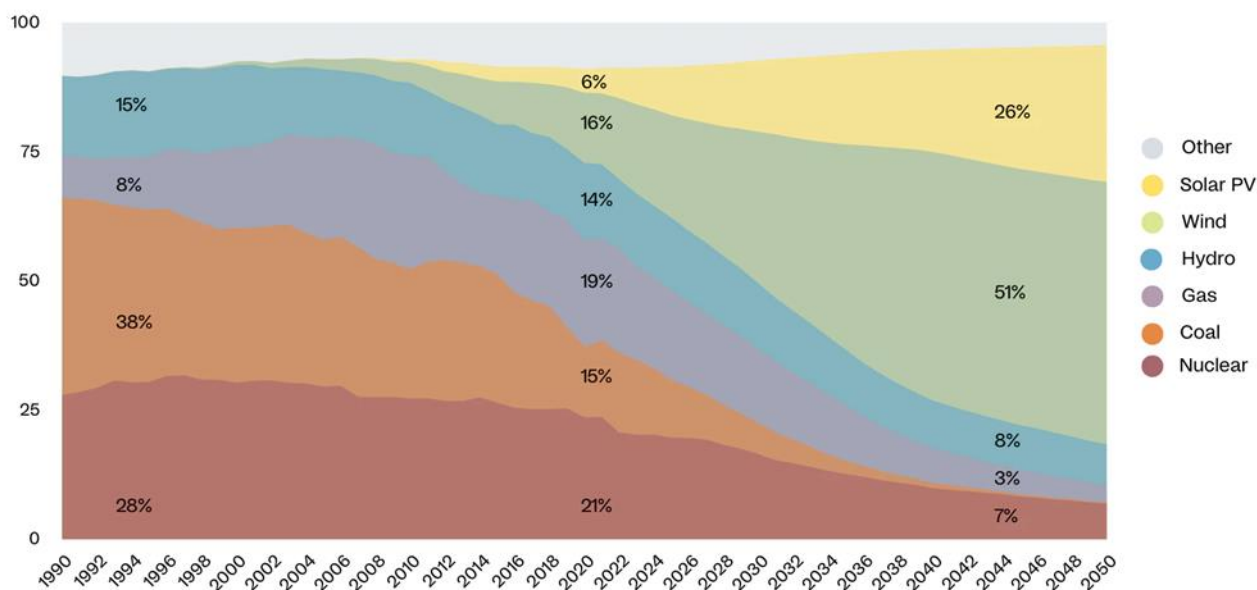
Type	Country	Unit	Construction start	Initial announced construction time	Ex-post construction time	Power (MWe)	Initial announced budget (USD/kWe)	Actual construction cost (USD/kWe)
AP 1000	China	Sanmen 1, 2	2009	5	9	2 x 1 000	2 044	3 154
	United States	Vogtle 3, 4	2013	4	8/9*	2 x 1 117	4 300	8 600
APR 1400	Korea	Shin Kori 3, 4	2008	5	8/10	2 x 1 340	1 828	2 410
EPR	Finland	Olkiluoto 3	2005	5	16*	1 x 1 630	2 020	>5 723
	France	Flamanville 3	2007	5	15*	1 x 1 600	1 886	8 620
	China	Taishan 1, 2	2009	4.5	9	2 x 1 660	1 960	3 222
VVER 1200	Russia	Novovoronezh II-1 & 2	2008	4	8/10	2 x 1 114	2 244	**

* Estimate. ** No data available.

Notes: MWe = megawatt electrical capacity. kWe = kilowatt electrical capacity.

Bron: https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_51110/projected-costs-of-generating-electricity-2020-edition, 9 december 2020, pagina 152. Noot: Flamanville start in 2024 en kost 13,2 miljard euro (8.250 euro/kW; 8.770 \$/kW).¹²⁴ De Finse kerncentrale Olkiluoto-3 komt waarschijnlijk in maart 2023 in bedrijf.¹²⁵

Figuur 2.1
Elektriciteit in de Europese Unie 1990-2050 percentage per bron

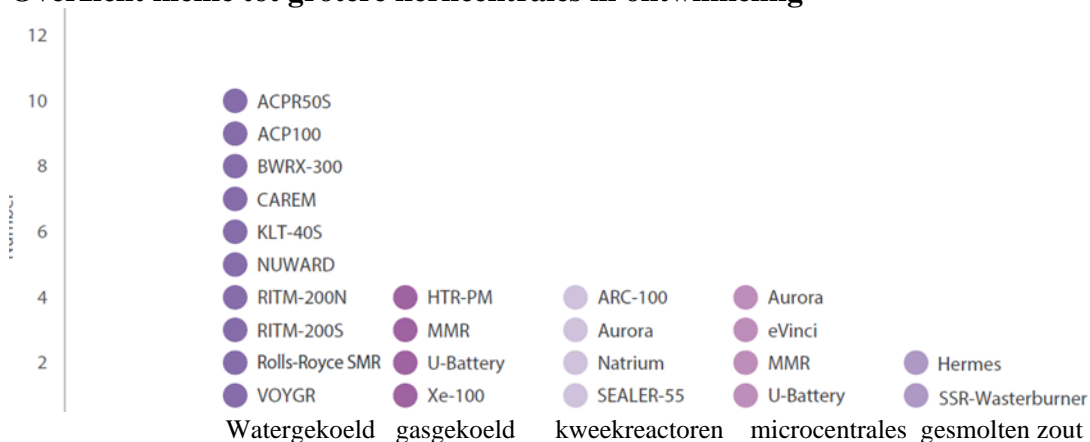


Bron: <https://www.rystadenergy.com/news/energy-crisis-the-beginning-of-the-end-for-gas-fired-power-in-europe>, 26 oktober 2022.

3 Veiligheid kleine tot grotere kerncentrales zoals Rolls-Royce onbewezen

Sinds een paar jaar worden kleinere kerncentrales met een vermogen van 30 tot 470 Megawatt naar voren geschoven. Ze heten Small and Medium Reactor (SMR). Maar behalve in Rusland is nergens zo'n nieuwe kleinere reactor in bedrijf. 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).¹²⁶ Op 13 maart 2023 verscheen een rapport van het Nucleair Energie Agentschap (NEA) in Parijs met een overzicht van 21 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 2.2).¹²⁷ 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.¹²⁸

Figuur 2.2
Overzicht kleine tot grotere kerncentrales in ontwikkeling



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

Het elektrisch vermogen van de genoemde SMR's is 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 echter geleerd dat de kostprijs van elektriciteit uit kerncentrales niet gedaald is en daarom wordt nu op SMR's met een kleiner vermogen teruggespreng.¹²⁹ Ter vergelijking: de kerncentrale Dodewaard was 54 MW en Borssele is 485 MW.^{130 131}

In een in december 2021 verschenen studie van Friends of the Earth Australia over SMR's wordt erop gewezen dat de drijvende kerncentrale Akademik Lomonosov in Rusland met een vermogen van 70 MW de enige SMR ter wereld in bedrijf is. Het gaat om twee drukwaterreactoren van elk 35 MW van het type KLT-40S. De bouw kostte zes keer zoveel als aanvankelijk gepland.¹³² De kosten per kWh zijn vergelijkbaar met die van de huidige grote kerncentrales.¹³³ De kerncentrale startte in juni 2019.¹³⁴

De Rolls-Royce-kerncentrale

Het Nederlandse bedrijf ULC-Energy heeft in augustus 2022 gekozen voor een kerncentrale naar een ontwerp van het Engelse Rolls-Royce. Op 13 september 2022 sloot ULC-Energy een overeenkomst met het Amerikaanse elektriciteitsbedrijf Constellation met als doel een serie van deze reactoren te bouwen in Nederland.¹³⁵ Constellation heeft in de Verenigde Staten 21 kerncentrales in bedrijf. Tot nu toe is wereldwijd nog geen kerncentrale van dit type in

aanbouw, maar er zijn plannen in Groot-Brittannië. Hoe veilig de kerncentrale is, zal pas blijken tijdens de vergunningverlening.

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.¹³⁶ De Engelse regering besloot op 9 november 2021 een subsidie van omgerekend 240 miljoen euro te verstrekken voor de ontwikkeling van een kerncentrale met een vermogen van 470 Megawatt (MW); de kerncentrale Borssele is 485 MW. Het ontwerp moet in 2026 rijp zijn voor een bouwvergunning, is het plan. De kerncentrale gaat omgerekend 2,4 miljard euro kosten.¹³⁷ Dat is 5.100 euro per kilowatt (5.800 dollar per kilowatt). In maart 2022 heeft de Engelse regering het algemene ontwerp van deze kerncentrale aanvaard en daarmee kon de gedetailleerde aanvraag voor een bouwvergunning beginnen.¹³⁸ In april 2022 noemde de regering ook het subsidiebedrag van 240 miljoen euro en stelde dat kernenergie in het jaar 2050 zeker drie keer zoveel stroom moet leveren als nu.¹³⁹ Centrales als die van Rolls-Royce worden daarbij nadrukkelijk genoemd.

De eerste eenheid zou rond 2030 in bedrijf kunnen komen en de eerste tien eenheden voor het jaar 2035. De eerste centrales zouden in Wales of in Cumbria (noordwest Engeland) moeten verrijzen op vestigingsplaatsen die al vergund zijn voor kerncentrales.

Rolls-Royce SMR Ltd heeft in februari 2017 aangegeven dat een binnenlandse markt van 14 kerncentrales niet voldoende is en dat bestellingen in het buitenland nodig zijn om op den duur financieel uit te kunnen.¹⁴⁰ 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.¹⁴¹

Pas dan komen we te weten hoe het gesteld is met de veiligheid en de kosten van dit type kerncentrale.

4 Kernenergie geen oplossing broeikas effect

Kernenergie wordt soms duurzaam genoemd, omdat het een bijdrage zou leveren aan de oplossing van het klimaatprobleem. Daarbij veronderstelt men dat het broeikasgas CO₂ niet of nauwelijks vrijkomt bij kernenergie. Zo stelde de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) op 7 september 2022: “Over de klimaatimpact van kernenergie bestaat in de wetenschap brede overeenstemming: er is sprake van slechts beperkte CO₂-uitstoot, ook wanneer we kijken naar de gehele levenscyclus van een kernreactor. Qua CO₂-uitstoot is kernenergie vergelijkbaar met windenergie. Vergeleken met zonne-energie presteert kernenergie beter.”¹⁴²

De Raad baseert deze conclusie, die we hier bestrijden, op rapporten van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) en van de Europese Economische Commissie van de Verenigde Naties (UNECE).¹⁴³ ¹⁴⁴ Andere rapporten komen er niet in voor, terwijl die er wel zijn. In dit artikel worden die andere rapporten wel besproken. Immers, er is een niet te verwaarlozen CO₂-uitstoot door o.a. de bouw van een kerncentrale, de winning van de brandstof uranium en de ontmanteling van de centrale. Men noemt dit de indirecte CO₂-uitstoot (zie tabel 2.2).

Hoeveel broeikasgassen zoals CO₂ ontstaan bij de kerncentrale Borssele? Daarover vinden we geen gegevens. We hebben hier een zo betrouwbaar mogelijke schatting gegeven van 78 tot 190 gram CO₂ per kWh, maar we houden ons aanbevolen voor exacte cijfers. Ter

vergelijking: bij zonnepanelen gaat het om 48 en bij windmolens om 10-12 gram CO₂ per kWh, aanzienlijk minder dan bij kernenergie.

We gaan ervan uit dat de indirecte CO₂-uitstoot door kernenergie toeneemt met het aantal kerncentrales. Het is niet met 100% nauwkeurigheid te bepalen hoe die relatie is, daarom moeten we hier volstaan met schattingen.

De bijdrage van kernenergie aan de vermindering van het klimaatprobleem zal beperkt zijn. Volgens het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA) is kernenergie nu 10,4% van het wereldwijde elektriciteitsgebruik; het elektriciteitsgebruik is 18,8% van het wereldwijde energiegebruik.¹⁴⁵ Daarmee is kernenergie 2% van het wereldwijde energiegebruik. Op dezelfde manier kunnen we uitrekenen dat volgens het IAEA kernenergie in het jaar 2050 tussen de 1,5 en 3% van het wereldwijde energiegebruik zal leveren. Daar komt nog bij dat de voorraad uranium beperkt is.

Tabel 2.2

Totale (directe en indirecte) CO₂-uitstoot in gram per kilowattuur^{146 147 148 149 150 151 152 153 154}

Brandstof	Uitstoot
Aardgas	490
Aardgas met afvang CO ₂	78
Olie	740
Steenkool	820
Steenkool met afvang CO ₂	110
Uranium ertsgehalte 0,1%	78-190
Uranium ertsgehalte 0,02%	300
Zon	15-55
Wind	10-12

5 Kerncentrales vergen miljarden subsidie

Minister Rob Jetten (D66) van Energie en Klimaat wil 5 miljard euro reserveren voor kernenergie.¹⁵⁵ Maar waarom heeft kernenergie nog steeds subsidie nodig en waarom wil Jetten deze subsidie verstrekken? In het verkiezingsprogramma 2021 van D66 staat immers: “Nederland zal geen subsidie verlenen voor kerncentrales, garanties leveren voor de verkoopprijs van kernenergie of kernenergie voorrang geven op het net.”¹⁵⁶

Een korte subsidiegeschiedenis

Het Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) bracht op 24 juli 2019 een rapport uit over de financiering van 674 kerncentrales die tussen 1951 en 2017 wereldwijd werden gebouwd. De conclusie luidde dat geen enkele kerncentrale is gebouwd zonder een of andere vorm van overheidssubsidie.¹⁵⁷ Enkele voorbeelden. In Duitsland ging het tussen 1950 en 2006 om een subsidie van 54 miljard euro.¹⁵⁸ De Nederlandse staat gaf vanaf 1955 tot eind 1969 bijna een miljard gulden (454 miljoen euro) subsidie aan kernenergie.¹⁵⁹ De Amerikaanse Union of Concerned Scientists (UCS) heeft uitgerekend dat zonder omvangrijke subsidies vanaf 1960 Amerikaanse kerncentrales niet gebouwd zouden zijn.¹⁶⁰

Ook nu, 53 jaar nadat de kerncentrale Dodewaard in bedrijf kwam, is subsidie nodig om een kerncentrale te bouwen. Dat kan onder meer via goedkope leningen, zoals de Europese Unie van plan is. Om daarvoor in aanmerking te komen moet kernenergie eerst een ‘duurzaam’ of ‘groen’ label krijgen. En voor dat label moet kernenergie aan 26 voorwaarden voldoen.¹⁶¹

Wolfram König, de directeur van het Duitse Agentschap voor Berging van Kernafval (Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung, BASE), stelde dan ook op 12 januari

2022: “Feitelijk gezien is het niet houdbaar om kernenergie als duurzame vorm van energieopwekking te beschouwen.”¹⁶² Kernenergie is niet goedkoop en ook niet groen, maar heeft wel subsidie nodig.

Marktprijs elektriciteit en Franse kerncentrales

Kerncentrales leveren elektriciteit die op de stroommarkt verkocht wordt tegen wat we de marktprijs noemen. Wat consumenten en bedrijven betalen is hoger dan de marktprijs, want daar komen nog de kosten van transport van elektriciteit en belastingen zoals de btw bij. De marktprijs wordt bepaald door de factoren die vraag en aanbod bepalen (is het vroeg of laat donker; welke elektriciteitscentrales zijn in bedrijf, etc.).

Vanaf begin 2022 speelden in West-Europa de Franse kerncentrales hierbij een belangrijke rol. In mei 2022 lag de helft van de 56 Franse kerncentrales stil voor brandstofwisseling, de uitgebreide tienjaarlijkse revisie en vooral ook omdat haarscheurtjes zijn vastgesteld in zogeheten elleboogpijpen in het centrale deel van de reactoren.¹⁶³ Deze haarscheurtjes had men niet verwacht.¹⁶⁴ Op een koude winterdag moet 45.000 MW kernenergie in bedrijf zijn om te voldoen aan de vraag, terwijl begin november 2022 slechts 25.000 MW kernenergie in bedrijf was.¹⁶⁵ Op 16 februari 2023 waren 43 van de 56 kerncentrales weer in bedrijf.¹⁶⁶

In 2022 werd Frankrijk stroom-importeur in plaats van -exporteur. Vanaf januari tot eind november 2021 exporteerde Frankrijk 46,5 miljard kWh. In 2022 importeerde Frankrijk tot eind november 14,6 miljard kWh. Dat is een verschil van 61 miljard kWh.¹⁶⁷ De kerncentrales leverden over heel 2022 zo'n 30% minder stroom dan in 2021, met als gevolg dat EDF een verlies leed van 17,8 miljard euro.¹⁶⁸

Frankrijk importeert elektriciteit, bijvoorbeeld van de Duitse kerncentrales, en dat heeft de marktprijs in heel West-Europa omhoog gedreven.¹⁶⁹ Als deze marktprijs hoog blijft, zouden nieuwe kerncentrales geen subsidie nodig hebben. Slecht werkende kerncentrales maken nieuwe kerncentrales aantrekkelijk, is de wel wat wrange conclusie.

Financiële risico's nieuwe kerncentrales afwentelen

Op 26 september 2022 verscheen een rapport van het consultantsbureau Baringa, gemaakt in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.¹⁷⁰ De belangrijkste conclusie is: “Nieuwe kerncentrales worden niet gebouwd door het bedrijfsleven zonder een of andere steun door de regering.” Op pagina 3 van het Baringa-rapport staat: “Een financieringsmodel waarin verschillende partijen, waaronder het rijk, bouw- en marktrisico's beheersen en delen lijkt een randvoorwaarde voor nucleaire nieuwbouwprojecten.” Daarbij wordt verwezen naar financiering via het Poolse model en het Britse RAB-model, want die “bieden beide manieren om vertrouwen op te wekken bij beleggers en het risico voor consumenten te beperken, maar moeten zich nog in de praktijk bewijzen.”

Polen richt voor de geplande bouw van kerncentrales “een speciaal bedrijf op waarin de staat een meerderheidsbelang houdt, nadat (...) één technologieleverancier voor het hele programma is geselecteerd, om zo schaalvoordeel te behalen.” In Groot-Brittannië gaat het om het zogeheten Regulated Asset Base (RAB) model, “een model waarbij private investeerders een gereguleerde vergoeding ontvangen van de elektriciteitsleveranciers op basis van de waarde van de investering.”

De belastingbetalers dragen daarbij een groot deel van het risico. Ze betalen een bedrag vanaf het begin van de bouw, dus jaren voordat een kerncentrale in bedrijf komt. De toekomstige exploitant van de kerncentrale hoeft zo minder te lenen en dat geeft aanzienlijk lagere financieringskosten. Volgens een in 2020 verschenen rapport van het Nuclear Energy Agency maken de financieringskosten namelijk zo'n 70% uit van de totale bouwkosten.¹⁷¹ Als de bouw van de kerncentrale vertraging oploopt of als de bouw om andere redenen duurder wordt, moeten de consumenten meer of langere tijd vooruit blijven betalen. Engelse

consumentenorganisaties en de invloedrijke Engelse Nuclear Consulting Group hebben de afgelopen jaren herhaaldelijk naar voren gebracht dat op deze manier de risico's worden afgewenteld op de bevolking.^{172 173 174} Dat geeft ten onrechte de indruk van goedkope elektriciteit uit kerncentrales. Hoe de Nederlandse regering de financiële risico's wil afwentelen is overigens onduidelijk.

Hoofdstuk 3

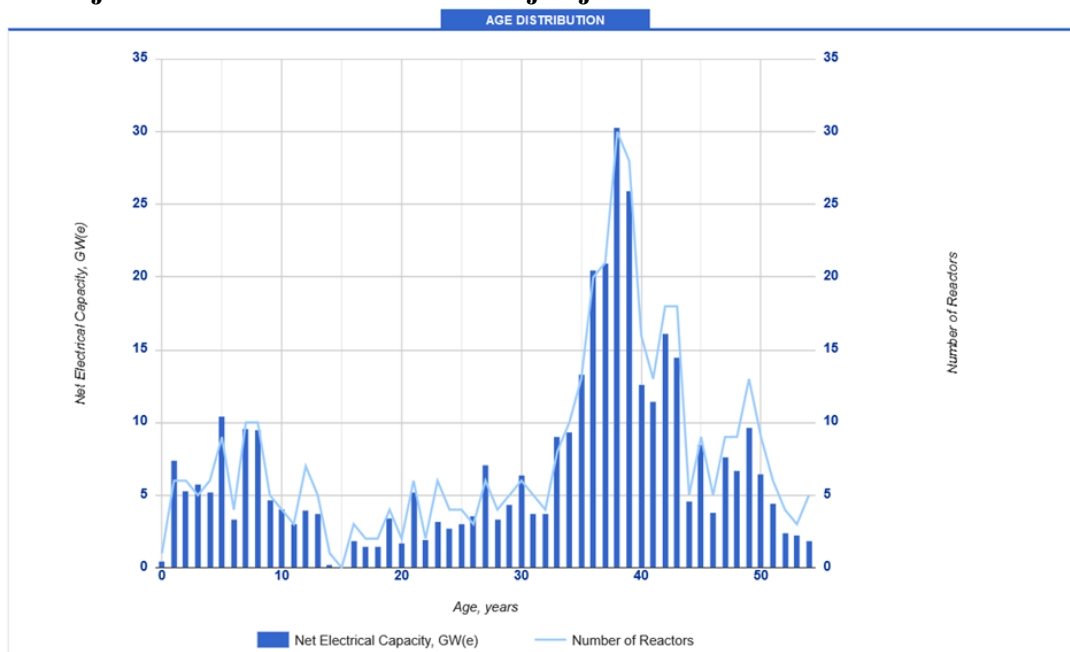
De kerncentrale Borssele

1 Gaat Borssele 60 jaar of langer mee?

Op 3 juli 1973 leverde de kerncentrale Borssele de eerste stroom.¹⁷⁵ Op 3 juli 2023 zal de kerncentrale 50 jaar in bedrijf zijn, hoewel de oorspronkelijk voorziene bedrijfsduur veertig jaar was.¹⁷⁶ Begin 2004 kondigde Van Geel, op dat moment staatssecretaris van Milieu, aan dat hij een plan voorbereidde om de bedrijfsvergunning van Borssele te wijzigen. Hij noemde, zoals ook in het regeerakkoord stond, 2013 als einddatum. Maar in februari 2005 stelde Van Geel dat de kerncentrale langer in bedrijf zou kunnen blijven, omdat sluiting veel geld zou kosten en de kerncentrale veilig werd geacht.¹⁷⁷ In 2013 werd de vergunning verlengd tot eind 2033.^{178 179 180}

Maar daar zou het niet bij blijven. Zo pleitte bijvoorbeeld Carlo Wolters, directeur van EPZ (de eigenaar van Borssele), er in 2020 voor om de centrale langer dan tot 2033 in bedrijf te houden.^{181 182} EPZ stelde op verzoek van de provincie Zeeland op 9 maart 2020 dat het wenselijk was dat de kerncentrale langer openbleef.¹⁸³ Aan de andere kant wilde Zeeland dat de regering de financiële risico's van deze kerncentrale overnam, hetgeen de regering weigerde.¹⁸⁴ Op 14 september 2020 stuurde minister Wiebes een brief van EPZ door aan de Tweede Kamer. Daarin concludeerde EPZ dat het "lastig te voorspellen" is of een verlenging "bedrijfseconomisch aantrekkelijk" is. Daarom wilde EPZ dat de overheid mogelijke tekorten betaalde.¹⁸⁵ Op 9 december 2022 schreef minister Jetten dat de kerncentrale Borssele langer in bedrijf zou kunnen blijven dan 2033.¹⁸⁶ Hij zou "de kosten van de benodigde technische haalbaarheidsonderzoeken subsidiëren, omdat de bedrijfsvoering van de kerncentrale Borssele gericht is op het buiten bedrijf stellen na 31 december 2033 en de aandeelhouders van EPZ gezien de marktrisico's in verband met bedrijfsduurverlenging niet bereid zijn om de onderzoeken te bekostigen."¹⁸⁷

Figuur 3.1
Aantal jaren dat kerncentrales in bedrijf zijn



<https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalByAge.aspx>, 9 maart 2023.

Omdat er stemmen opgaan om de kerncentrale langer dan tot eind 2033 in bedrijf te houden, is het de vraag hoe reëel een bedrijfsduur is van meer dan 60 jaar. Daarbij moeten we bedenken dat de gemiddelde leeftijd van de kerncentrales die nu wereldwijd in bedrijf zijn, ongeveer 32 jaar is. In verschillende landen waar kernenergie een belangrijke rol speelde of nog speelt, werden de oudste kerncentrales gesloten toen ze nog geen 50 jaar oud waren; het ging hier om Duitsland, Zweden, Frankrijk en de Verenigde Staten.^{188 189} Begin maart 2023 waren volgens het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA) wereldwijd vijf kerncentrales 53 jaar oud en geen enkele kerncentrale is ouder (zie figuur 3.1). Er zijn dan ook geen voorbeelden van kerncentrales die meer dan 60 jaar in bedrijf zijn.

2 457 bedrijfsstoringen kerncentrale Borssele

De overheid brengt vanaf 1980 jaarlijks een overzicht uit van storingen en ongevallen in de kerncentrales. Uit die overzichten blijkt dat zich tot oktober 2022 in de kerncentrale Borssele 457 bedrijfsstoringen hebben voorgedaan (zie tabel 3.1).^{190 191} Daarbij vielen regelmatig belangrijke veiligheidsvoorzieningen uit. De gemiddelde bedrijfstijd (ook wel load factor geheten) was 84,2%.¹⁹²

Tabel 3.1
Storingen kerncentrale Borssele

jaar	aantal	jaar	aantal	jaar	aantal	jaar	aantal
1973	4	1986	8	1999	8	2012	3
1974	6	1987	17	2000	12	2013	4
1975	3	1988	10	2001	9	2014	2
1976	3	1989	25	2002	10	2015	3
1977	4	1990	18	2003	6	2016	3
1978	3	1991	23	2004	8	2017	4
1979	2	1992	20	2005	13	2018	7
1980	17	1993	21	2006	17	2019	3
1981	16	1994	17	2007	5	2020	2
1982	11	1995	8	2008	6	2021	8
1983	7	1996	14	2009	3	2022	4
1984	11	1997	15	2010	9		
1985	7	1998	10	2011	8		

Bronnen: 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251

Noodstroomvoorziening een zwakke plek

In de kerncentrale Borssele waren op gezette tijden problemen met noodstroomvoorzieningen. Die problemen kunnen blijkbaar maar niet opgelost worden. Dit blijkt uit een analyse van storingen in de kerncentrale Borssele. In 1978, 1979, 1981, 1984, 1986, 1987, 1989, 2006, 2010, 2011, 2013, 2014, 2015 en 2021 zijn er problemen geweest met de noodstroomvoorziening en de dieselaggregaten. In mei 2015 bleek dat verschillende accu's niet voldeden aan de eis dat ze in noodsituaties minstens een uur lang stroom konden leveren voor de bediening van de centrale.²⁵² Dat de noodstroomvoorziening en de dieselaggregaten niet werkten, kwam dus niet alleen voor in Fukushima maar ook in Borssele.²⁵³ Het is dan ook niet vreemd dat de exploitant EPZ op 6 april 2016 heeft aangegeven “dat een extra batterij (accu) wordt geplaatst op het tweede noodstroomnet” en dat “twee aansluitpunten voor een mobiele dieselgenerator (worden, H.D.) aangebracht op het eerste noodstroomnet. Hierdoor kan een mobiel noodstroomaggregaat worden aangesloten in het geval dat de stroom van het externe net, het eigen bedrijf en de noodstroomgeneratoren uitvallen.”^{254 255}

Noodstroomvoorzieningen zijn een belangrijk onderdeel van de veiligheid van een kerncentrale. Die moeten er namelijk voor zorgen dat alle veiligheidssystemen kunnen blijven werken als de reguliere stroomvoorziening uitvalt.

3 Rampenplan kerncentrale Borssele

De overheden gaan uit van een mogelijke ramp met een kerncentrale. Daarvoor is een rampenplan gemaakt. Op 21 februari 1990 is het rampenplan voor Borssele verschenen.²⁵⁶ Het rampenplan is gemaakt op basis van een ongeval waarbij 3% van het in de reactor kern aanwezige jodium vrijkomt. Maar bij Tsjernobyl kwam 30% vrij, terwijl bij de Duitse kerncentrale Biblis een ongeluk met een lozing van 50% jodium werd beschreven (deze reactor is net als Borssele door Siemens gebouwd, maar kwam 4 jaar later in bedrijf).²⁵⁷

Volgens dit rampenplan moesten mensen tot op 10 kilometer van de kerncentrale jodiumtabletten innemen en tot op 20 kilometer binnen blijven en schuilen; dit is “de meest effectieve bescherming,” mits men naar binnen gaat voor de radioactieve wolk overtrekt en men na het overtrekken van de wolk weer “sterk ventileert.”

Opmerkelijk is de volgende passage: “De bevolking zal teneinde de inwendige besmetting te beperken gebruik kunnen maken van eenvoudige hulpmiddelen als stofmaskers, natte doeken, etc. om mond en neusgaten te bedekken. Daarnaast is ter beperking van uitwendige besmetting goed zittende, gladde kleding, etc. aan te bevelen. (...) Distributie van beschermende middelen onder de bevolking, bijvoorbeeld maskers of dosis-registrerende apparatuur, wordt niet overwogen.” Er komt een graasverbod voor “een groot deel van Nederland” en “in Zeeland komt een oogst-, slacht- en beregeningsverbod.”

De overheid heeft al opvangcentra aangewezen voor de te evacueren mensen, namelijk legerplaatsen bij Ossendrecht, Woensdrecht, Breda en Gilze. Hoe de mensen geëvacueerd moeten worden, is de vraag. Volgens het rampenplan is de trein “een uitermate geschikt middel om snel grote bevolkingsgroepen te evacueren,” maar doet zich het probleem voor dat “de te evacueren personen eerst naar het station Goes moeten worden vervoerd.”

De overheid heeft een plan voor leerlingen van scholen: “De lessen dienen beëindigd te worden, zodat gezinshereniging zo snel mogelijk plaats kan vinden. Voor kinderen wier ouders niet thuis zijn, dient opvang geregeld te worden. Vervoer van die (kleine) groep zal per bus geschieden.” Ongeveer 1% van de bevolking bestaat uit “bedlegerigen en invaliden die met een ambulance vervoerd dienen te worden.” De overheid heeft het vervoer van deze groep administratief geregeld: “De verblijfplaatsen zijn bekend bij de Kruisverenigingen en direct aldaar opvraagbaar.”

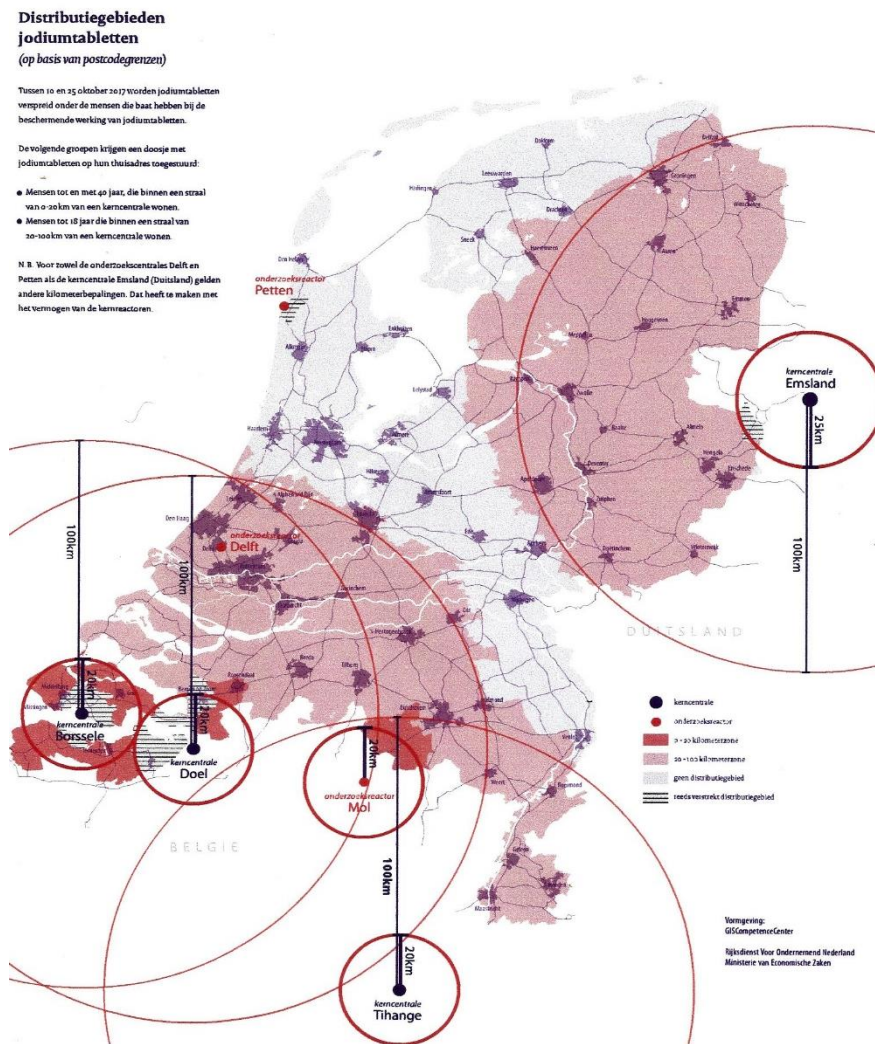
In 2014 en 2017 paste de regering de rampenplannen aan. De ring rond een kerncentrale waarvoor maatregelen gelden, werd ongeveer twee keer zo groot als eerst. Bij een kernongeval met de kerncentrale Borssele moet tot op 10 kilometer geëvacueerd worden, waarbij de 5 kilometer het dichtst bij de kerncentrale de voorrang krijgt. Jodiumtabletten werden gestuurd aan mensen tot en met 40 jaar die binnen 0 tot 20 kilometer van een kernreactor wonen.²⁵⁸ Kinderen tot 18 jaar en zwangere vrouwen moeten tot op 100 kilometer jodiumtabletten slikken.²⁵⁹ Zie tabel 3.1 en figuur 3.2.

Tabel 3.1
Maatregelen na een kernongeval, afstanden in kilometers

<i>Beschermingsmaatregel</i>	Borssele
Evacuatie	10
Schuilen	10
I-predistributie	20
I-distributieplan	100

Bron: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-32645-60.html>

Figuur 3.2
Straal rond kerncentrales waar maatregelen gepland zijn



Bron: <https://ez.maps.arcgis.com/apps/Minimalist/index.html?appid=8e5d97c8f8aa49948fe57eccd439e822> .

4 Kernenergie een onverzekerbaar risico

Verzekeringsmaatschappijen weigeren de schade te dekken die mensen kunnen oplopen door een ongeluk met een kerncentrale.

Wie de kleine lettertjes van de schadeverzekering bestudeert, komt ook een paragraaf tegen over schade die niet gedekt wordt. Behalve schade door oorlog wordt ook schade “veroorzaakt door of samenhangend met atoomkernreacties” niet gedekt. Deze uitsluiting is niet toevallig. Er is namelijk een afspraak tussen de verzekeringsmaatschappijen dat zij niemand individueel zullen verzekeren tegen de risico’s van kernenergie.^{260 261}

Onbeperkte aansprakelijkheid brengt kernenergie in gevaar

Waarom is de aansprakelijkheid beperkt? In het gemeenschappelijk commentaar bij het Verdrag van Parijs lezen we: “In de eerste plaats omdat volgens het geldende recht de exploitanten van kerninstallaties onbeperkt aansprakelijk zouden zijn, terwijl het duidelijk is dat onbeperkte financiële dekking onmogelijk kan worden verkregen.” Ook lezen we: “De zeer zware financiële lasten die het gevolg zouden kunnen zijn van onbeperkte aansprakelijkheid, zouden de ontwikkeling van de kernindustrie ernstig in gevaar kunnen brengen.” Blijkbaar vinden verzekeringsmaatschappijen kernenergie een te groot risico en te onveilig. De wet aansprakelijkheid kernongevallen beschermt vooral de kernindustrie. De

kernindustrie is voor de Europese Commissie en de Nederlandse regering een belangrijker waarde dan de bevolking en het milieu.

Miljarden schade door kernongevallen

Om schade door kernenergie vergoed te krijgen moet je je wenden tot de eigenaren van de kerninstallaties. Maar bij grote ongelukken zal men daar bot vangen. De exploitanten van kerninstallaties hoeven zich maar beperkt te verzekeren tegen de schade die anderen ervan ondervinden. Dat is geregeld in de Verdragen van Parijs (1960) en Brussel (1963). Deze verdragen liggen ten grondslag aan de Nederlandse Wet Aansprakelijkheid Kernongevallen (WAKO).²⁶² Anno 2022 is het maximaal door de exploitant te vergoeden bedrag 1,2 miljard euro. Voor de kerncentrale Borssele geldt een staatsgarantie tot 2,3 miljard euro.^{263 264} Samen is dat 3,5 miljard euro.

Ter vergelijking. De schade van het ongeluk in Tsjernobyl in 1986 was zeker 210 miljard euro.²⁶⁵ Het Japanse ministerie van Handel schatte in 2016 de schade door het ongeluk met de kerncentrales in Fukushima in 2011 op 168 miljard euro.²⁶⁶

Hoofdstuk 4

Tijdelijke en definitieve opslag van kernafval

Inleiding

Volgens de plannen van opeenvolgende regeringen blijft het radioactieve afval eerst tijdelijk bovengronds opgeslagen bij de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA) in Zeeland. Tijdelijk is een rekbaar begrip en regeringen maken daar gebruik van om het probleem voor zich uit te schuiven.

Na deze tijdelijke opslag gaat het om definitieve opslag en daarvoor komen zoutkoepels in Noord-Nederland of kleilagen in aanmerking. De regering zou zorgen “voor veilige, permanente opslag van kernafval.” Dat staat in het regeerakkoord.²⁶⁷ Maar de regering noemt de eindberging en de mogelijke vestigingsplaatsen daarvoor niet in de brief van 9 december 2022 over de bouw van twee nieuwe kerncentrales.²⁶⁸ Minister Jetten schreef: “Na 100 jaar opslag is een deel van het afval nog radioactief. Het afval wordt na deze periode in de diepe ondergrond opgeborgen.”²⁶⁹ Dat is strijdig met het regeerakkoord.

De ervaringen met buitenlandse zoutkoepels zijn negatief en bovendien zijn zoutkoepels nodig voor de seizoensopslag van waterstof. Daar komt nog bij dat Jan Boelen, de directeur van de COVRA, in het boek ‘40 jaar COVRA’ dat op 6 oktober 2022 verschenen is, stelde dat kleilagen beter zijn dan zoutkoepels.²⁷⁰

Kortom, het wordt tijd dat de Tweede Kamer besluit de Noord-Nederlandse zoutkoepels definitief van de lijst te schrappen.

1 Honderd jaar bovengronds vanaf 1984, is dat tot 2130, en de zeespiegelstijging dan?

In het begin werd radioactief afval in de oceaan gedumpt.²⁷¹ Toen dat niet meer mocht, wilde de regering opslag in de Noord-Nederlandse zoutkoepels.²⁷² Maar daartegen was veel protest en zo bedacht de regering in 1984 een tijdelijke oplossing: de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA) in Zeeland.^{273 274}

In 1984 verscheen de Nota Radioactief Afval, die vaak aangehaald wordt als rechtvaardiging om het radioactieve afval 100 jaar bovengronds te bewaren. Of, zoals de COVRA bijvoorbeeld schreef in 2011: “Dit betekent dat een eindberging in Nederland niet voor 2130 in bedrijf zal zijn.”^{275 276}

Echter, in de Nota Radioactief Afval gaat het om enkele tientallen jaren tussenopslag van alle soorten radioactief afval.²⁷⁷ Het getal van 100 jaar wordt vooral genoemd als het gaat om een deel van het laag- en middelradioactieve afval dat snel vervalst: na deze periode, “men moet daarbij denken aan opslagtermijnen in de orde van 100 jaar,” kan een deel van het afval “dat voldoende vervallen is (...) als niet-radioactief afval worden afgevoerd.”²⁷⁸ Bij 100 jaar gaat het derhalve niet over hoogradioactief afval, dat immers een miljoen jaar gevaarlijk blijft.²⁷⁹ Een andere kwestie is, wanneer die termijn van 100 jaar zou ingaan. Het Bureau Berenschot concludeerde daarover op 21 maart 2022 in een rapport in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat: “In de Nota Radioactief Afval wordt niet aangegeven wanneer deze periode van 100 jaar ingaat.”²⁸⁰ Daarvan hebben de regering en met haar de COVRA gebruik gemaakt. In de loop van de tijd schoven ze de termijn van 100 jaar steeds verder op. Strikt genomen zou het volgens de Nota Radioactief Afval gaan om 100 jaar na 1984, dus om het jaar 2084, dat is 61 jaar na nu. De COVRA telt daar nog eens bijna 50 jaar bij op en noemt het jaar 2130.

Het gaat hier om een onjuiste uitleg van de Nota Radioactief Afval. Volgens die Nota had men immers nu al moeten werken aan de eindberging. Maar toen de tijdelijke opslagplaats er eenmaal was, deed de regering alsof dat niet een tijdelijke oplossing was, maar een oplossing voor meer dan 100 jaar.

De vraag is echter of dit realistisch is. De locatie is een gebied buitendijks, net naast de

kerncentrale Borssele.²⁸¹ De Nuclear Research & consultancy Group (NRG) in Petten heeft begin 2000 een rapport uitgebracht over een mogelijke ongevalssituatie. Bestudeerd werd een overstroming van het COVRA-terrein, waarbij vaten met afval in het water terecht kwamen. Het ging om de situatie waarbij alle laag- en middelradioactief afval gedurende een jaar onder water kwam te staan.²⁸²

Opvallend is dat in de recente berichtgeving over de COVRA voorbijgegaan wordt aan deze feiten. Zo konden we bijvoorbeeld op 21 juni 2022 een artikel lezen in het AD met de kop: “Geen zorgen om opslag radioactief afval: de COVRA is veilig en bestand tegen zeespiegelstijging.”²⁸³ In dit artikel wordt verwezen naar beantwoording op Kamervragen door staatssecretaris Vivianne Heijnen (CDA) van Infrastructuur en Waterstaat.²⁸⁴ In deze antwoorden wordt verwezen naar een stresstest uit 2013. Echter, hierover schreef minister Kamp van Economische Zaken op 20 december 2013: “De stresstestanalyse is alleen uitgevoerd voor het Hoog radioactief Afval Behandelings- en Opslag Gebouw (HABOG). De overige gebouwen, zoals het afvalverwerkingsgebouw, laag- en middelradioactief afval opslaggebouw, container opslaggebouw en de verarmd uranium opslaggebouwen zijn in dit stresstestrapport buiten beschouwing gelaten.”²⁸⁵ Dat de COVRA als geheel veilig zou zijn, blijkt dus niet uit de stresstest. Bovendien blijkt dat het gaat om een zeespiegelstijging van 66 centimeter.²⁸⁶

De Commissie voor de milieueffectrapportage heeft op 9 maart 2023 een advies uitgebracht over een nieuw gebouw dat de COVRA wil laten zetten voor de opslag van laag- en middelradioactief afval.²⁸⁷

Volgens de COVRA ligt het hele terrein op 5,6 meter boven NAP (Normaal Amsterdams Peil; een NAP-hoogte van nul meter is ongeveer gelijk aan het gemiddelde zeeniveau van de Noordzee). Dit neemt niet weg dat de gebouwen onder water kunnen komen te staan door extreme neerslag of hoogwater. Ook verwacht de COVRA dat door de klimaatverandering de kans op overstromingen zal toenemen.

De Commissie voor de milieueffectrapportage zet hier vraagtekens bij. Volgens de Commissie is een betere onderbouwing nodig bij de tekst dat het nieuwe gebouw “voldoende rekening houdt met overstromingen” vanwege “de toenemende kans op overstromingen in de komende 100 jaar door klimaatverandering.”²⁸⁸

Volgens het Deltaprogramma 2021 kan de stijging van de zeespiegel “forser uitpakken” dan een meter, “zeker als we ook voorbij 2100 kijken.”²⁸⁹ Het kennisinstituut Deltares noemde in september 2022 een stijging van een halve meter eind deze eeuw en een meter rond 2120, afhankelijk van de mate van opwarming van de aarde.²⁹⁰

Het is de vraag wat de gevolgen zijn voor de COVRA van de forse zeespiegelstijging waarmee we rekening moeten houden. Komt de COVRA onder water te staan?

2 Kernafval 1 miljoen jaar gevaarlijk, probleem niet opgelost

Sommige stoffen verliezen heel snel hun radioactiviteit, maar bij andere duurt dat miljoenen jaren. Van belang is in dit verband het begrip halfwaardetijd. Dat is de tijd waarin de radioactiviteit gehalveerd wordt.

De halfwaardetijd van jodium-131 is acht dagen. Bij cesium-137 gaat het om dertig jaar, bij plutonium-239 om 24.400 jaar en bij jodium-129 om zestien miljoen jaar. Het radioactieve afval blijft dus heel lang gevaarlijk.

De Zwitserse kernafvaldeskundigen Marcos Buser en Walter Wildi hebben in februari 2016 nog eens laten zien waarom een opbergperiode van een miljoen jaar nodig is.²⁹¹ In overeenstemming hiermee gaat bijvoorbeeld Duitsland ervan uit dat geologische stabiliteit, en dus een veilige opslagperiode van een miljoen jaar, gegarandeerd moet zijn.^{292 293} Zonder verdere argumentatie stelde minister Schultz van Haegen op 10 februari 2016 dat het

hoogradioactieve afval tot een kwart miljoen jaar gevaarlijk blijft.²⁹⁴ Maar ook al zou de minister gelijk hebben gehad, dan nog gaat het om een bijna onvoorstelbaar lange periode. Met rekenmodellen probeert men na te bootsen hoe het opgeborgen kernafval zich in de periode van de komende honderduizenden jaren in de ondergrond zal verplaatsen. De rekenmodellen voor de veiligheid op lange termijn zijn onbetrouwbaar. Men zou duizenden jaren onderzoek moeten doen, voordat men een uitspraak over de betrouwbaarheid van de modellen kan doen.^{295 296 297 298 299} 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 afhangen van de gebruikte software voor die modellen, als wel van degene die rekent met die modellen.³⁰⁰

3 Kernafval in soorten en maten

3.1 Nederland: 1.100 kubieke meter radioactief afval per jaar

Jaarlijks wordt in Nederland ongeveer 1.100 kubieke meter (m³) radioactief afval geproduceerd.³⁰¹ 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 2022 zo'n 55.500 vaten laag- en middelradioactief afval en 4.700 containers met verarmd uranium opgeslagen, evenals 504 vaten met hoogradioactief afval.^{302 303 304 305 306 307 308}

Het bedrijfsafval van de kerncentrale Borssele bestaat jaarlijks uit 32-33 m³.³⁰⁹ Elk jaar ontstaat volgens de regering bij Borssele gemiddeld een hoeveelheid van ca. 4 m³ aan bestraalde splijtstofelementen. Na opwerking ontstaat hieruit ca. 3 m³ hoogradioactief kernsplijtingsafval en naar schatting 11 m³ overig radioactief afval.^{310 311}

3.2 Borssele: 5.600 kilo plutonium

In de kerncentrale Borssele ontstaat 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.³¹²

3.2.1 Wat is opwerken?

De brandstofelementen vormen veruit de belangrijkste bron van radioactiviteit. Ze blijven een jaar of vier in de kerncentrale. Na gebruik komen ze in een opslagbassin in de kerncentrale. Nadat ze voldoende zijn afgekoeld, gaan de gebruikte brandstofelementen van de kerncentrale Borssele naar de opwerkingsfabriek in La Hague in Frankrijk.

Een opwerkingsfabriek is een chemische fabriek waar het in de kerncentrale ontstane plutonium en het niet gebruikte uranium uit de brandstofelementen worden gehaald. De restproducten van de opwerking zijn radioactief afval. Een deel daarvan is het hoogradioactieve, warmte-afgevend en giftige kernsplijtingsafval. Alle stoffen die vrijkomen bij de opwerking - inclusief plutonium en uranium - zijn eigendom van de kerncentrale. Het hoogradioactieve afval wordt nu opgeslagen in het zogeheten HABOG-gebouw.

3.3 Onzekere toekomst opwerking, overzicht hoeveelheden

Het is de vraag wat er na 2034 gebeurt, aangezien deze opwerkingsfabriek volgens de huidige Franse wet in 2040 sluit en er geen nieuwe fabriek gepland is.^{313 314}

Daar komt nog bij dat de opwerkingsfabriek te kampen heeft met ernstige problemen in de bedrijfsvoering. Zo stelde bijvoorbeeld Bernard Doroszczuk, de directeur van de Franse

toezichthouder op nucleaire veiligheid ASN, op 19 januari 2022: “Als de opwerking voortgezet wordt in Frankrijk, zal het noodzakelijk zijn om de huidige installaties te vernieuwen.”³¹⁵ Hij wees erop dat belangrijke onderdelen veel eerder corroderen (roesten) dan verwacht.³¹⁶

Hierover zwijgen zowel de regering als de COVRA. In een op 7 februari 2023 verschenen rapport van de Nuclear Research and Consultancy Group (NRG) in Petten over de periode daarna staat dat deze fabriek een langere levensduur zou kunnen krijgen: “In die zin lijkt de beschikbaarheid van de opwerkingscapaciteit voor Nederlandse klanten de komende decennia stabiel te blijven.” Het lijkt stabiel, wat betekent dat het ook instabiel kan uitvallen en dat geeft een groot probleem: “De huidige opslagfaciliteiten bij de COVRA zijn hiertoe niet ingericht en dienen derhalve te worden aangepast voor deze categorie radioactief afval.”³¹⁷ Daar komt nog bij dat NRG uitgaat van een bedrijfsduur van nieuwe kerncentrales van 80 jaar. Maar dan zijn we in de volgende eeuw en dat is langer dan de komende decennia. Als niet kan worden opgewerkt zal volgens de NRG “de eindvorm verpakte gebruikte splijfstof zijn. Deze is sterk stralend en produceert nog langdurig warmte. (...) In speciale faciliteiten moeten de splijstofelementen eerst worden gedemonteerd en daarna in geschikte containers worden verpakt. (...) Over dit overpakken in speciale containers is kennis aanwezig in Zweden en Finland, landen die niet opwerken en hebben gekozen voor opslaan van gebruikte splijfstof in een eindberging. Nederland beschikt niet over faciliteiten voor conditioneren en overpakken van gebruikte splijfstof voor langdurige opslag. Mocht de opwerkingsroute worden verlaten, dan zal men ofwel dergelijke faciliteiten moeten ontwerpen en bouwen in Nederland, of proberen deze bewerkingen in het buitenland te laten uitvoeren. Het is echter niet zeker dat buitenlandse (exploitanten, H.D.) van dergelijke faciliteiten in de toekomst Nederlandse splijfstof willen of mogen ontvangen. (...) De huidige opslagfaciliteiten bij de COVRA zijn hiertoe niet ingericht en dienen derhalve te worden aangepast voor deze categorie radioactief afval.”³¹⁸

3.3.1 Om hoeveel kernafval gaat het?

In het NRG-rapport wordt uitgegaan van de bouw van twee nieuwe kerncentrales van elk 1.500 Megawatt. Bij opwerking geeft dat 34 m³ hoogradioactief afval per jaar en na 80 jaar is dat 2.720 m³. Dit resulteert “in hoeveelheden hoogradioactief opwerkingsafval die de vergroting van de capaciteit van het HABOG zullen vereisen (...) dit is technisch mogelijk.”

Tabel 4.1

Hoogradioactief afval van opwerking of directe opslag van twee nieuwe kerncentrales

Afvaltype	Opwerking	Directe opslag
Hoogradioactief afval		
Volume per jaar (m ³ /jaar)	34	
Totaal volume (m ³)	2.720	
Gebruikte splijfstof		
Volume per jaar (m ³ /jaar)		165
Totaal volume (m ³)		13.200

Bron: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnotas/2023/02/07/bijlage-1-onderliggende-beslisnotakamerbrief-toezegging-met-betrekking-tot-opwerking-van-radioactief-afval>, 7 februari 2023.

In Nederland zijn volgens NRG “nog geen gebouwen voor de centrale opslag van gebruikte splijstofelementen van kerncentrales aanwezig. Indien wordt geopteerd voor de directe opslag van gebruikte splijfstof zouden dergelijke faciliteiten beschikbaar

moeten komen.” Het gaat dan om 9.450 gebruikte splijtstofelementen met een totaal volume van 13.200 m³ (165 m³ per jaar). Deze elementen kunnen worden opgeslagen in een Duitse container van het type CASTOR V/19, die 5,8 meter hoog is.³¹⁹ Er kunnen 19 gebruikte splijtstofelementen in een container, zodat 500 containers nodig zijn (zie tabel 4.1).³²⁰

3.4 Deel radioactief afval blijft in buitenland

In de discussie wordt vaak verzwegen dat ook in het buitenland veel afval vrijkomt vanwege de Nederlandse kerncentrales. Dit geldt speciaal voor het radioactieve afval afkomstig van de uraniumwinning: alleen al voor de kerncentrale Borssele gaat het om ongeveer 11.000 ton ertsafval per jaar. Het ertsafval bestaat uit een mengsel van zouten, zuren, zware metalen, fijn gemalen gesteente en radioactieve stoffen zoals radon, radium en thorium. Daarom is het wel degelijk radioactief afval.³²¹ Nederland haalt uranium voor de kerncentrale Borssele uit Kazachstan, een land dat zorgt voor 21% van de wereldwijde productie van uranium.^{322 323} Vaak wordt het ruimtebeslag door bijvoorbeeld de uraniummijnen in het buitenland niet genoemd. Twee voorbeelden.

Bij Shekafar in Kirgizië (een land in Centraal-Azië) ligt 700.000 m³ afval van de winning en verwerking van uranium, dat een bedreiging is voor mens en milieu, zo bleek op 28 juli 2020.³²⁴

In de Duitse deelstaat Saksen werd van 1946 tot 1990 uraniumerts gewonnen door de firma Wismut. Daarbij bleef 45 miljoen m³ radioactief afval achter, verdeeld over 42 afvalbergen. De sanering daarvan kostte tot nu toe 7 miljard euro en zal nog tot 2035 duren.³²⁵

3.5 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 (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.³²⁶ 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.³²⁷ Voor een behandeling is slechts een minieme hoeveelheid van een radioactieve stof nodig, kunnen we uitrekenen met behulp van gegevens van het RIVM.³²⁸ 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 1000 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.

3.6 Berging hoogradioactief afval in diepe boorgaten bij Petten, Almelo of ook Borssele?

Al tientallen jaren wordt de definitieve opslag van hoogradioactief afval in diepe boorgaten naar voren gebracht als alternatief voor de berging hiervan in bijvoorbeeld zoutkoepels of kleilagen.³²⁹ Concrete resultaten bleven echter lange tijd uit. De Amerikaanse onderneming Deep Isolation heeft in 2019 wel een succesvolle test uitgevoerd.³³⁰ Ook de COVRA studeert hierop.³³¹

Omdat diepe boorgaten in beginsel op veel plekken aangelegd kunnen worden, speelt het maatschappelijk draagvlak een grote rol. Het ligt dan ook voor de hand dat een plek gekozen wordt waar al kernenergie-activiteiten zijn, zoals bij Petten, Almelo of Borssele. Of in provincies waar het bestuur voor de vestiging van nieuwe kerncentrales is.

Drie diepe boorgaten

Hoogradioactief afval kan opgeslagen worden in 3 tot 5 kilometer diepe boorgaten op de locaties van huidige nucleaire installaties: Borssele en Petten. Deze opslag in diepe boorgaten is goedkoper, sneller en veiliger dan de huidige plannen om over 100 jaar het kernafval op te slaan in klei- of zoutlagen. Dit stelde Leo Van de Vate in een op 14 mei 2018 gepubliceerd rapport.³³² Hij was van 1980 tot 1984 secretaris van de Stuurgroep Brede Maatschappelijke Discussie Energiebeleid en tot 2001 programmamanager van de nationale onderzoeksprogramma's OPLA en CORA, in dienst van het ministerie van Economische Zaken.

Bij Borssele of Petten kan in drie diepe boorgaten eenmalig al het bestaande Nederlandse hoogradioactieve afval (99,9 % van de totale radioactiviteit) veilig worden opgeborgen, aldus het rapport. Het grote voordeel van deze locaties is volgens Van de Vate de maatschappelijke acceptatie in deze regio's: er zijn immers nucleaire installaties aanwezig.

Of er draagvlak bij Borssele is, lijkt anno 2023 onzeker. Immers, het college van B&W van deze gemeente ging uit van draagvlak voor nieuwe kerncentrales, maar dat wordt nu betwist. De bestaande kerncentrale is echter minder een onderwerp van discussie. Wat betreft Petten zijn er geen analyses over het ontbreken van draagvlak voor kernenergie.

Waarom diepe boorgaten, welk onderzoek is nodig?

We volgen hier de redenering van Van de Vate. Berging van hoogradioactief afval in diepe boorgaten biedt zowel veiligheidstechnische als economische voordelen. Wel is nader onderzoek nodig, voordat deze techniek daadwerkelijk in Nederland toegepast kan worden, stelde Van de Vate.

Opberging in diepe, vanaf het oppervlak geboorde gaten is een andere vorm van geologische berging. Het gaat om een diepte van 3 tot 5 kilometer. Dit levert volgens Van de Vate "een extra grote geologische veiligheidsbarrière; veel meer dan bij een opbergmijn op enkele honderden meters diepte. Juist op die grote diepte van meer dan enkele kilometers vindt eventueel vloeistoftransport met geologische snelheid plaats, dat wil zeggen is stagnerend of vrijwel stilstaand." Geologische snelheid betekent enkele meters in duizenden jaren: "De diepe boorgaten-optie bezit dan ook een zeer grote veiligheidsbarrière."

Deze techniek is sterk in de belangstelling komen te staan, doordat het boren van kilometers diepe gaten in de afgelopen 20 à 30 jaar een grote ontwikkeling heeft doorgemaakt in de olie- en gasindustrie.

De diameter van containers met hoogradioactief afval van de opwerking van gebruikte brandstofelementen bedraagt 50 centimeter. De diameter van een boorgat moet met 60 centimeter zo'n 10 centimeter groter zijn. Het bergingsconcept van Van de Vate gaat uit van met boorspoeling gevulde en verbuisde gaten (gaten met buizen erin). Dat garandeert een veilig transport van de afvalcontainers. De boorspoeling is noodzakelijk voor het boren zelf,

voor de koeling van de boorkop, en levert tevens de noodzakelijke tegendruk naar het omringende gesteente.

Een diameter van 44,5 centimeter is standaard in de olie- en gasindustrie. Van de Vate stelde echter vast dat een boorgatdiameter van 60 centimeter op een diepte van 5 kilometer “binnen het bereik van de technische ontwikkeling zit.” Vandaar de aanbeveling om de technische haalbaarheid aan te tonen via “een omvangrijk project dat zware boorinstallaties vereist, omvangrijk ontwerp- en engineeringwerk en een zeer gedetailleerde planning.” Zo komen gegevens beschikbaar voor de noodzakelijke geowetenschappelijke karakterisering van het boorgatgebied.

Er zijn verschillende voordelen van deze manier van bergen van hoogradioactief afval.

De boorgattechniek is flexibel van opzet, de boorgaten kunnen naar behoefte groter gemaakt worden en gevuld met kernafval. Daarna worden ze afgedicht. De kosten van deze berging van al het Nederlandse radioactieve afval zijn zeker een factor 10 lager dan bij opslag in een mijn in een zoutkoepel of kleilaag. De berging in boorgaten kost 200 miljoen euro tegen 2 miljard euro voor een mijn.

De grote diepte van de boorgaten bepaalt in grote mate de veiligheid van de opberging, terwijl bij berging in zout of klei de gesteente-eigenschappen maatgevend zijn voor de veiligheid.

Dat beperkt de keuze van locaties. Bij diepe boorgaten daarentegen komen veel meer locaties in Nederland “voor berging in beeld, bijvoorbeeld ook bij nucleaire installaties,” stelde Van de Vate.

De rest ondiep begraven bij Almelo?

Het huidige regeringsbeleid gaat ervan uit dat ook het laag- en middelradioactieve afval opgeslagen wordt in dezelfde geologische eindberging. Van de Vate heeft echter ook hier een ander plan: Het laag- en middelradioactieve afval zou voor een periode van 300 jaar net onder de oppervlakte begraven moeten worden. Deze optie van ‘ondiepe begraving’ wordt als ‘proven technology’ gepresenteerd. “In feite betreft het een ondergrondse bunker die zo optimaal mogelijk met beton, dikke kleilagen en ondoordringbare vulmaterialen wordt geïsoleerd van de omgeving”. Dat zou in het oosten van Nederland kunnen gebeuren, bijvoorbeeld in de omgeving van Urenco/Almelo.

Maar waarom zou daar alleen laag- en middelradioactief afval, waarvan na pakweg 300 jaar de radioactiviteit vervallen is, begraven moeten worden? Het ligt voor de hand om dit te combineren met berging in diepe boorgaten van hoogradioactief afval.

Internationale ontwikkelingen

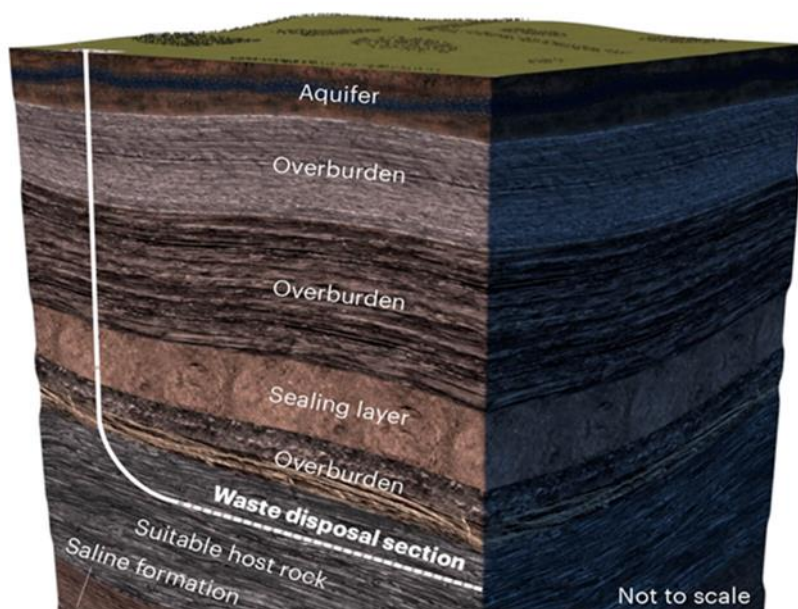
Het plan voor berging in diepe boorgaten sluit aan bij internationale ontwikkelingen, met name in de Verenigde Staten, Groot-Brittannië en Noorwegen.^{333 334} Het gaat hierbij in de VS om een boorgat van 5 kilometer diepte, waarbij containers met hoogradioactief kernafval in de onderste 2 kilometer komen, waarna de rest van het boorgat wordt opgevuld met beton en asfalt. Onder meer het Amerikaanse overheidsorgaan Nuclear Waste Technical Review Board (NWTRB) stelt dat de benodigde technologie ontwikkeld en beschikbaar is via de gas- en oliewinning. Op meer dan 3 kilometer diepte zijn in de VS geen grondwaterstromingen en daardoor geeft een diep boorgat, in vergelijking met een opslagmijn op 700 meter diepte, een betere afscherming. Bovendien kost berging in diepe boorgaten slechts 15% van berging in een opslagmijn.^{335 336 337 338 339 340}

De Amerikaanse onderneming Deep Isolation, gevestigd in Berkeley in de staat Californië, heeft in 2019 een proef gedaan om berging in diepe boorgaten te kunnen aantonen. Een container zoals die gebruikt wordt voor hoogradioactief afval liet men enkele honderden meters zakken in een boorgat. Later werd de container weer succesvol naar boven gehaald voor nader onderzoek aan de container zelf.^{341 342}

De bergingsmethode heet schuin boren, hoewel haaks boren een betere term is. Vanaf het aardoppervlak wordt namelijk eerst minstens een kilometer recht naar beneden geboord. Daarna gaat de boring langzamerhand van verticaal naar horizontaal en het kernafval komt daar te liggen in de ‘waste disposal section’ van figuur 4.1. Volgens Deep Isolation kan dat bij of naast een kerninstallatie. De vaten met kernafval kunnen nog enkele tientallen jaren teruggehaald worden.^{343 344}

Deep Isolation heeft in opdracht van de Britse overheidsorganisatie die verantwoordelijk is voor de opslag van radioactief afval, de Nuclear Decommissioning Authority (NDA), op 20 maart 2023 een rapport uitgebracht. Daarin staat dat 96% van het radioactieve afval dat naar verwachting geproduceerd wordt tot het jaar 2200, in diepe boorgaten opgeborgen kan worden. Het gaat dan zowel om vaten met kernsplijtingsafval als om uitgewerkte brandstofelementen en plutonium.^{345 346} Ook in Duitsland is er belangstelling voor dit concept.^{347 348} In Nederland heeft de COVRA op 4 november 2020 laten weten aan te sluiten bij het onderzoek naar berging in diepe boorgaten.³⁴⁹ Kan dat ook op het terrein van de COVRA, of is Petten of Almelo beter?

Figuur 4.1
Schema opslag kernafval via diep boorgat



Bron: <https://www.deepisolation.com/technology/>

4 Plannen opslag in zoutkoepels en kleilagen

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).^{350 351 352} Daarnaast worden met name de kleilagen vlak onder Schiermonnikoog en in de zuidelijke helft van Friesland genoemd.^{353 354}³⁵⁵ Een besluit is echter nooit genomen, het bleef bij de aankondiging van plannen en een herhaling van zetten.

De VVD, D66, het CDA en de CU hebben op 15 december 2021 een nieuwe voorzet gegeven. Volgens het coalitieakkoord gaat het kabinet zorgen “voor veilige, permanente opslag van kernafval.” Ook zet het kabinet “de benodigde stappen voor de bouw van twee nieuwe kerncentrales” en reserveert daarvoor “5 miljard euro.”³⁵⁶ Rob Jetten, minister voor Klimaat en Energie, kondigde op 14 maart 2022 aan rond de zomer met een vervolgplan te komen.³⁵⁷

Dat plan is er nog niet, maar de zoutkoepels in Noord-Nederland en de kleilagen komen daarmee zeker weer op de agenda.

De genoemde zoutkoepels

De regering wil al vanaf 1976 opslag van kernafval in de noordelijke zoutkoepels (Ternaard in Friesland; Pieterburen en Onstwedde in de provincie Groningen; Schoonloo, Gasselte-Drouwen, Hooghalen en Anloo in Drenthe).^{358 359 360} Zie tabel 4.2 en figuur 4.2. Voor filmpjes over zoutkoepels zie: <http://three-iron-gates.epizy.com/index.html>

Tabel 4.2
Zoutkoepels Noord-Nederland

Zoutkoepel	Top ligt op (meter)	Aantal boringen
Anloo	800	1
Bourtange	580	0
Gasselte	400-800	0
Hooghalen	500	0
Onstwedde	250	0
Pieterburen	218	1
Schoonloo	140	2
Ternaard	615	1

Figuur 4.2
Zoutkoepels Noord-Nederland



De genoemde kleilagen

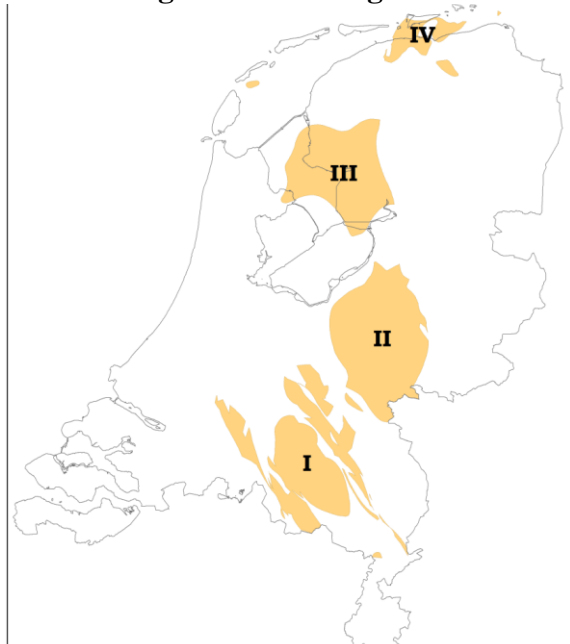
Sinds 2001 werd klei af en toe in verband gebracht met de berging van radioactief afval. Maar welke gebieden komen in aanmerking? Om daarover meer duidelijkheid te krijgen liet Greenpeace in 2011 door T&A Survey een studie uitvoeren naar klei in de ondergrond van Nederland. Uit de evaluatie komt naar voren dat de Klei van Boom in vier gebieden aan de gestelde randvoorwaarden voor opslag van kernafval voldoet.

1. Gebied met NW-ZO-oriëntatie over Noord-Noord-Brabant en westelijk Gelderland;
2. N-Z gerekt gebied over centraal Gelderland;
3. Gebied dat het zuidwesten van Friesland, delen van de Noordoostpolder en het IJsselmeer en de regio Enkhuizen in Noord-Holland beslaat;

4. Gebied in het noorden van Friesland en Groningen en aangrenzende delen van de Waddenzee.³⁶¹ Zie figuur 4.3.

Figuur 4.3

Vier meest geschikte kleilagen in Nederland



Bron: <https://www.ta-survey.nl/nieuws.php?id=146>, 5 oktober 2011.

Ook TNO studeerde op klei, keek welke kleilagen de beste zijn en bracht daarover een rapport uit dat op 11 en 12 juli 2014 in de publiciteit kwam. De vooronderstelling daarbij was dat een opslagmijn op zo'n 500 meter diepte aangelegd zou kunnen worden en dat de kleilaag minstens 100 meter dik was. Volgens TNO voldoen drie gebieden hieraan, namelijk Roerdalslenk (Noord-Noord-Brabant), Zuiderzee Diep (Gelderland) en Noord-Nederland (Friesland). TNO noemde met name klei in de zuidelijke helft van Friesland rond Terwispel, Steggerda, Sneek en Bantega.^{362 363}

Jan Boelen, de directeur van de COVRA, stelde in het boek '40 jaar COVRA' dat op 6 oktober 2022 verschenen is, dat kleilagen beter zijn dan zoutkoepels: Het voordeel van klei boven bijvoorbeeld zoutlagen is dat klei zich door het gewicht van de aarde erboven hermetisch rond het afval zal sluiten en nauwelijks water kan doorlaten.³⁶⁴

5 Nergens eindberging hoogradioactief afval in bedrijf

De Duitse zoutkoepel Asse in de deelstaat Nedersaksen was hét voorbeeld voor Nederland om ook kernafval in zoutkoepels op te slaan.^{365 366} In de zoutkoepel Asse stroomt echter jaarlijks 4,4 miljoen liter water naar binnen.³⁶⁷ Bij deze zoutkoepel en ook die in Morsleben lekken vaten met kernafval. Het kost de belastingbetaler 5 miljard euro om de vaten in Asse weer op te graven en 2,4 miljard euro om de opslagmijn in Morsleben af te dichten.^{368 369} Op 17 september 2021 heeft de Duitse overheid na 40 jaar onderzoek (kosten 1,6 miljard euro) de zoutkoepel Gorleben ongeschikt verklaard.^{370 371} 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.³⁷² De ervaringen met opslag in buitenlandse zoutkoepels geven niet bepaald vertrouwen in de Nederlandse plannen.

De opslagmijn WIPP (Waste Isolation Pilot Plant) in een zoutlaag in de Verenigde Staten is een militair project voor de opslag van radioactief afval van de kernwapenproductie. Daarom was de normale wettelijke vergunningprocedure hier niet van toepassing.³⁷³ Vanaf het begin was er kritiek op de veiligheid van de opslag, maar die werd door de overheid terzijde geschoven.³⁷⁴ In juni 2021 verscheen wederom een rapport met veel kritiek op de veiligheid van de WIPP-opslag.³⁷⁵

De COVRA verwijst in het onderzoeksprogramma 2020-2025 nadrukkelijk naar de Amerikaanse opslag van kernafval WIPP, als voorbeeld voor veilige eindberging van radioactief afval in zout.³⁷⁶ Dat is echter onjuist.

De laatste jaren wordt vaak verwezen naar Finland, waar de opslag in graniet veilig zou zijn. Deze opslag zou volgens de planning in 2024 kunnen beginnen (tabel 4.3) en 3 miljard euro kosten.^{377 378}

Finland heeft echter hetzelfde concept voor de eindberging van radioactief afval als Zweden. En in 2018 heeft het Zweedse Hof voor Land en Milieu het opbergplan in twijfel getrokken, omdat de veiligheid niet is aangetoond.^{379 380} De Zweedse kernafvalorganisatie MKG bracht in oktober 2020 en in februari 2021 rapporten uit die des te duidelijker maakten dat de opslag niet veilig is.^{381 382} Toch heeft de Zweedse regering op 27 januari 2022 besloten dat de plannen voor de eindberging van radioactief afval mogen doorgaan. De bouw van de eindberging zal ongeveer 10 jaar vergen.³⁸³ De samenwerkende Zweedse milieuorganisaties vinden dit besluit onverantwoord, omdat belangrijke veiligheidsproblemen niet zijn opgelost. Ze stellen dat meer onderzoek nodig is, voordat een verantwoord besluit genomen kan worden.³⁸⁴

Tabel 4.3
Vroegste tijdstip eindopslag hoogradioactief afval

Land	verwachting in 1989 ³⁸⁵	verwachting in 1996 ³⁸⁶	verwachting in 2010 ³⁸⁷	verwachting in 2022 ^{388 389}
Nederland	2000	??	??	2130
België	2030	2035	2070/80	2070/80
Duitsland	2005/10	2010	2035	2080/2100 ³⁹⁰
Finland	2020	2020	2020	2024
Frankrijk	2010	2020	2025	2025/30
Groot-Brittannië	??	2030	2040	2075
Zweden	2020	2020	2023	2035 ³⁹¹
Zwitserland	2025	2020	2040	2060
Canada	2015/25	2025	2035	2040 ³⁹²
VS.	2010	2013	??	2048
China	??	??	2050	2060

Tot slot

Tegenstrijdige kernenergievisie Nederlandse en Duitse klimaatminister

De klimaatministers van Nederland en Duitsland hebben een geheel tegengestelde visie op kernenergie. We noemen hier drie voorbeelden.

1 Broeikasewffect en kernenergie

Rob Jetten, minister voor Klimaat en Energie, stelt regelmatig dat bij kernenergie geen of heel weinig CO₂ vrijkomt.³⁹³ De Duitse klimaat- en milieuminister Steffi Lemke ziet dit heel anders. In een op 11 november 2022 verschenen publicatie van het Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) schrijft ze: “Kernenergie is noch CO₂-vrij, noch veroorzaakt deze manier van elektriciteit opwekken de minste uitstoot van CO₂. Ook is kernenergie helemaal niet duurzaam, omdat kernenergie grote milieurampen kan veroorzaken en de mensheid opzadelt met grote hoeveelheden radioactiviteit.”³⁹⁴

2 Verlening bedrijfsduur kerncentrales

Rob Jetten gaat er zonder meer van uit dat de kerncentrale Borssele langer in bedrijf kan blijven.³⁹⁵ Maar “kerncentrales langer in bedrijf houden dan aanvankelijk gepland was,” is volgens Steffi Lemke “noodzakelijk met extra risico’s verbonden. Want van een kerncentrale kan men wel onderdelen vervangen maar een alomvattende verbetering is niet mogelijk. Het extra lang in bedrijf houden van een kerncentrale (Überalterungsbetrieb) vind ik hoogst problematisch.”

3 Definitieve ondergrondse berging van radioactief afval

Rob Jetten zei op 20 december 2022 dat we “pas in 2130 de eindberging gerealiseerd zullen hebben.”³⁹⁶ Steffi Lemke daarentegen noemt hoogradioactief afval “een van de gevaarlijkste erfenissen van de mensheid die dertigduizend generaties gevaarlijk blijft. We hebben daarvoor snel een oplossing nodig die het radioactieve afval blijvend beschermt tegen misbruik en ongelukken én verhindert dat radioactiviteit vrij kan komen.”

Jochen Ahlswede, hoofd van de afdeling onderzoek van BASE, had in dit verband een meer symbolische visie op de vlucht die kernenergie in het verleden heeft genomen. Men deed mee met die vlucht, zonder dat men van tevoren wist waar men zou landen en waar men het kernafval zou opbergen. In zijn visie was het beter geweest om eerst de route te bepalen (inclusief de eindberging van radioactief afval) en zeker te zijn van een veilige landingsbaan.³⁹⁷

Toegepast op het beleid van Rob Jetten: het is nog steeds zo dat hij de kernenergie-vlucht wil nemen, voordat hij zeker weet of een veilige landing mogelijk is.

In zijn artikel stelt Ahlswede, uiteraard zonder Jetten of wie dan ook te noemen:

“Waarschijnlijk is nu het moment gekomen om nuchter na te denken en in te zien dat bepaalde landingsbanen gewoon niet bestaan, voordat men besluit een aansluitende vlucht te nemen.”³⁹⁸

Eindnoten

- ¹ <http://houdgroningenovereind.nl/Kernenergie2022-1.html>, 4 april 2022.
- ² <http://houdgroningenovereind.nl/Kernenergie2022-10.html>, 1 oktober 2022.
- ³ <http://houdgroningenovereind.nl/InzichtInEnergie.html>, 17 oktober 2022.
- ⁴ <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2022/12/09/borssele-voorkeurslocatie-voor-twee-nieuwe-kerncentrales>, 9 december 2022.
- ⁵ <https://www.nu.nl/klimaat/6241231/kabinet-wil-kerncentrales-bouwen-in-borssele-maar-locatie-is-nog-niet-zeker.html>, 9 december 2022.
- ⁶ <https://www.pzc.nl/zeeuws-nieuws/kabinet-hakt-knoop-door-borssele-is-de-ideale-plek-maar-pas-eind-2024-definitieve-keuze-voor-twee-nieuwe-kerncentrales~a19c3347/>, 9 december 2022.
- ⁷ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/kamerstukken/2022/12/09/kamerbrief-met-uitwerking-afspraken-in-coalitieakkoord-over-kernenergie>, 9 december 2022.
- ⁸ <https://www.kabinetsformatie2021.nl/documenten/publicaties/2021/12/15/coalitieakkoord-omzien-naar-elkaar-vooruitkijken-naar-de-toekomst>, 15 december 2021.
- ⁹ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-infrastructuur-en-waterstaat/documenten/kamerstukken/2022/12/09/nucleaire-veiligheid-bij-de-inzet-nieuwe-kernenergie>, 9 december 2022.
- ¹⁰ https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/plenaire_verslagen/detail/2022-2023/37, 20 december 2022.
- ¹¹ Tweede Kamer, zitting 1971-1972, 11761, nr 2, p 4.
- ¹² Tweede Kamer, zitting 1974-1975, 13122, nr 2, p 130.
- ¹³ https://www.laka.org/docu/catalogus/publicatie/1.01.0.23/05_aanvullend-structuurschema-elektriciteitsvoorzienj, februari 1977.
- ¹⁴ Tweede Kamer, vergaderjaar 1985-1986, 18830, nrs 41-42, p 4.
- ¹⁵ <https://www.kabinetsformatie2021.nl/documenten/publicaties/2021/12/15/coalitieakkoord-omzien-naar-elkaar-vooruitkijken-naar-de-toekomst>, 15 december 2021.
- ¹⁶ <https://www.laka.org/docu/boeken/pdf/1-01-0-23-06.pdf#page=2>, februari 1977.
- ¹⁷ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-55735.pdf>, 10 augustus 2009
- ¹⁸ <https://www.laka.org/nieuws/bijlagen/2010/09/mededeling-voornemen-erh-09-2010-1-350516.pdf>, september 2010.
- ¹⁹ <https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2021Z04155&did=2021D09078>, 10 maart 2021.
- ²⁰ <https://smartport.nl/onderzoek-naar-kernenergie-in-rotterdam/>, 8 november 2021.
- ²¹ <https://www.binnenlandsbestuur.nl/ruimte-en-milieu/provincies-zijn-verdeeld-over-nieuwe-kerncentrale>, 4 maart 2021.
- ²² <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2022/12/09/borssele-voorkeurslocatie-voor-twee-nieuwe-kerncentrales>, 9 december 2022.
- ²³ <https://open.overheid.nl/repository/ronl-bd63fed5ed0a01178ce57b9feb74cd088b5b8b/1/pdf/financing-models-for-nuclear-power-plants.pdf>, 26 september 2022.
- ²⁴ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/kamerstukken/2022/12/09/kamerbrief-met-uitwerking-afspraken-in-coalitieakkoord-over-kernenergie>, 9 december 2022.
- ²⁵ <https://www.oecd.org/fr/publications/unlocking-reductions-in-the-construction-costs-of-nuclear-33ba86e1-en.htm>, 17 augustus 2020.
- ²⁶ <https://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/POST-PN-0687/POST-PN-0687.pdf>, 12 december 2022.
- ²⁷ <https://www.nuclearconsult.com/wp/wp-content/uploads/2021/06/Climate-Change-UK-Nuclear-June-2021.pdf>, juni 2021.
- ²⁸ <http://www.co2ntramine.nl/de-kerncentrale-borssele-en-de-verliesgevende-handel-in-plutonium/#more-3542>, oktober 2020.
- ²⁹ https://fissilematerials.org/blog/2022/08/troubles_with_frances_clo.html, 28 augustus 2022.
- ³⁰ <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>, december 2022.
- ³¹ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnotas/2023/02/07/bijlage-1-onderliggende-beslisnota-kamerbrief-toezegging-met-betrekking-tot-opwerking-van-radioactief-afval>, 7 februari 2023.
- ³² <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnotas/2023/02/07/bijlage-1-onderliggende-beslisnota-kamerbrief-toezegging-met-betrekking-tot-opwerking-van-radioactief-afval>, 7 februari 2023, pagina 19 en 20.
- ³³ <https://www.omroepzeeland.nl/nieuws/15237461/koeltorens-of-toch-niet-zo-kunnen-de-nieuwe-kerncentrales-bij-borssele-er-uit-gaan-zien>, 10 januari 2023.

-
- ³⁴ <https://www.kabinetsformatie2021.nl/documenten/publicaties/2021/12/15/coalitieakkoord-omzien-naar-elkaar-vooruitkijken-naar-de-toekomst>, 15 december 2021.
- ³⁵ In de budgettaire bijlage bij het Regeerakkoord staat: “Het voornemen is om kerncentrales te bouwen. Hiervoor is 5 miljard euro gereserveerd, waarvan 0,5 miljard tot en met 2025.” Daar zou men uit kunnen concluderen dat het gaat om een subsidie voor de bouw van twee kerncentrales. Maar op 19 juli 2022 liet de regering weten dat dit bedrag ook is bedoeld voor de bedrijfsduurverlenging van Borssele, onderzoek en het versterken van de kennisinfrastructuur (<https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2022D31919&did=2022D31919>, 19 juli 2022). Een nadere verdeling van deze gelden is ons niet bekend.
- ³⁶ http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/endaussagen_sicherheitsanforderungen_bf.pdf, juli 2009; <https://www.bge.de/de/endlagersuche/>.
- ³⁷ <https://world-nuclear-news.org/Articles/French-auditor-calls-for-financing-guarantee-for-f>, 15 juli 2020. <https://www.ccomptes.fr/fr/publications/la-filiere-epr>, 9 juli 2020.
- ³⁸ <https://www.ulc-energy.com/news/ulc-energy-secures-cooperation-from-constellation->, 13 september 2022.
- ³⁹ <https://www.rolls-royce.com/innovation/small-modular-reactors.aspx#/>
- ⁴⁰ www.no2nuclearpower.org.uk/wp/wp-content/uploads/2021/11/nuClearNewsNo135.pdf, 11 november 2021.
- ⁴¹ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/kamerstukken/2021/03/02/kamerbrief-over-toezegging-thorium-onderzoek>, 2 maart 2021.
- ⁴² <https://www.nrg.eu/nieuws/nederlands-kennisconsortium-opgericht-voor-de-ontwikkeling-van-gesmoltenzoutreactoren>, 2 maart 2021.
- ⁴³ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Defects-found-in-two-key-components-of-ITER-tokama>, 22 november 2022.
- ⁴⁴ <https://www.deingenieur.nl/artikel/kernfusie-de-eeuwige-belofte>, 30 september 2020.
- ⁴⁵ Nationaal Plan voor de Kernongevallenbestrijding, Implementatie Kernenergiecentrale Borssele; Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21015. nr. 7.
- ⁴⁶ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2017/04/18/responsplan-nationaal-crisisplan-stralingsincidenten>, 18 april 2017.
- ⁴⁷ G.E. van Maanen, Pleidooi voor verbetering van de rechtspositie van slachtoffers van kernongevallen", lezing op het NVMP-symposium 'Wat leert Tsjernobyl ons?' op 13 september 1986 in Amsterdam, in verkorte versie afgedrukt in: Nederlands Juristenblad, 29 november 1986, pp. 1342-1345. De citaten in dit artikel komen uit deze lezing.
- ⁴⁸ https://www.oecd-nea.org/law/nlparis_conv.html; <https://www.oecd-nea.org/law/paris-convention-protocol.html>.
- ⁴⁹ <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2022/07/01/brief-over-acties-die-zijn-ingezet-om-uitvoering-te-geven-aan-het-coalitieakkoord-op-het-gebied-van-kernenergie/brief-over-acties-die-zijn-ingezet-om-uitvoering-te-geven-aan-het-coalitieakkoord-op-het-gebied-van-kernenergie.pdf>, 1 juli 2022.
- ⁵⁰ https://www.wisenederland.nl/sites/default/files/images/WISE_klimaat-energie-rapport_A4%20definitief_0.pdf, 9 november 2018.
- ⁵¹ <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/41488d59-2032-11ec-bd8e-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-search>, 28 september 2021.
- ⁵² <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6e9fac0a-27e3-11ec-bd8e-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-236989083>, 10 juli 2021.
- ⁵³ <https://www.cnn.com/2022/10/14/ukraine-war-europe-is-still-quietly-importing-russian-nuclear-energy.html>, 14 oktober 2022.
- ⁵⁴ <http://www.kernenergiein nederland.nl/node/701>
- ⁵⁵ <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/19970326-gkn.pdf>, 26 maart 1997.
- ⁵⁶ <https://www.kernvisie.com/actueel/nieuws/borssele-is-straks-vijftig-en-had-in-2022-een-uitmuntend-jaar.html>, januari 2023.
- ⁵⁷ <https://www.epz.nl/app/uploads/2021/02/LTO-bedrijfsduurverlenging.pdf>, jaartal waarschijnlijk 2013.
- ⁵⁸ <http://epz.nl/kernenergie>.
- ⁵⁹ <http://kernenergiein nederland.nl/node/745>.
- ⁶⁰ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/vergunningen/2012/10/24/inspraak-verlenging-bedrijfsduur-kerncentrale-borssele.html>, 20 maart 2013.
- ⁶¹ <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83140NED/table?ts=1577089989459>, 13 december 2019.
- ⁶² <https://www.iaea.org/publications/15028/energy-electricity-and-nuclear-power-estimates-for-the-period-up-to-2050>, 16 september 2021.
- ⁶³ Algemene Energieraad, “Klein vademecum voor de energie 1982”, <https://search.socialhistory.org/Record/996491>.

-
- 64 <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/16/energieverbruik-gedaald-in-2018>, 17 april 2019.
- 65 <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83140NED/table?ts=1665322596165>
- 66 <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83140NED/table?ts=1538899484905>, 2 juli 2018
- 67 <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2020/22/verbruik-hernieuwbare-energie-met-16-procent-gegroeid>, 29 mei 2020.
- 68 <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/14/energieverbruik-met-3-procent-gedaald-in-2020>, 7 april 2021.
- 69 <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/22/11-procent-energieverbruik-in-2020-afkomstig-uit-hernieuwbare-bronnen>, 31 mei 2021.
- 70 <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83140NED/table?ts=1665322596165>
- 71 <https://www.pbl.nl/publicaties/klimaat-en-energieverkenning-2022>, 1 november 2022.
- 72 <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2023/10/aandeel-hernieuwbare-elektriciteit-met-20-procent-gestegen-in-2022>, 6 maart 2023.
- 73 <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80030NED/table>
- 74 <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2022/10/meer-elektriciteit-uit-hernieuwbare-bronnen-minder-uit-fossiele-bronnen>, 7 maart 2022
- 75 <https://www.epz.nl/actueel/>, 31 januari 2022.
- 76 <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2023/10/aandeel-hernieuwbare-elektriciteit-met-20-procent-gestegen-in-2022>, 6 maart 2023.
- 77 <https://www.epzjaarverslag.nl/productie/>, 26 juli 2021.
- 78 <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0020-aanbod-en-verbruik-van-elektriciteit>, 3 mei 2021.
- 79 https://www.wisenederland.nl/sites/default/files/images/WISE_klimaat-energie-rapport_A4%20definitief_0.pdf, 9 november 2018.
- 80 <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/41488d59-2032-11ec-bd8e-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-search>, 28 september 2021.
- 81 <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6e9fac0a-27e3-11ec-bd8e-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-236989083>, 10 juli 2021.
- 82 <https://www.reclamecode.nl/uitspraken/resultaten/nutsvoorzieningen-2022-00282-cvb/384325/>, 30 november 2022.
- 83 <https://www.laka.org/nieuws/2022/reclame-code-commissie-kerncentrale-borssele-misleidt-over-hergebruik-kernafval-17949>, 1 december 2022.
- 84 <https://www.gazprom.com/about/marketing/europe/>,
- 85 <https://www.cnn.com/2022/10/14/ukraine-war-europe-is-still-quietly-importing-russian-nuclear-energy.html>, 14 oktober 2022.
- 86 <https://www.handelsblatt.com/dpa/atomkraftgegner-fordern-ende-von-uran-importen-aus-russland/28774582.html>, 27 oktober 2022.
- 87 <https://www.arte.tv/de/videos/112116-000-A/russisches-uran-fuer-deutschland/>, 11 november 2022.
- 88 <http://www.technischweekblad.nl/rubrieken/energieserie/kunnen-we-overschakelen-op-duurzame-energie.130162.lynkx>, 24 mei 2011;
http://www.knmi.nl/klimatologie/achtergrondinformatie/Zonnestraling_in_Nederland.pdf;
<http://www.allesoverzonnepanelen.nl/voorwaarden/zonnestraling/>
- 89 <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Stromsystem-II-Regionalisierung-der-erneuerbaren-Stromerzeugung.pdf>, 16 oktober 2018.
- 90 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X19300720>, 9 oktober 2019.
- 91 <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/borssele-over-twee-nieuwe-kerncentrales-we-willen-hier-geen-groningse-toestanden~b761b641/>, 2 december 2022.
- 92 <https://www.covra.nl/nl/downloads/cora/>, cora 20.
- 93 <https://www.raadopenbaarbestuur.nl/actueel/nieuws/2022/11/18/gemiste-kans-of-te-grote-verwachtingen>, 18 november 2022.
- 94 Tweede Kamer, zitting 1978-1979, 15100, nr.2, pp. 3 en 8.
- 95 Stuurgroep Maatschappelijke Discussie Energiebeleid, Het Eindrapport, (1984), p. 27.
- 96 Herman Damveld, Kernenergie, verlichting of conflict, 1984, pp. 112 e.v.
- 97 <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wcc.749>, 16 november 2021.
- 98 <https://www.solar365.nl/nieuws/draagvlak-voor-grote-pv-projecten-communicatie-transparantie-en-betrekken-zijn-essentieel-65A6B1B2.html>, 21 februari 2023.
- 99 Micael Pollak, "Public Participation", in: H. Otway and M. Peltu, Regulating Industrial Risks, London: Butterworths, 1985, p 76-93.
- 100 Philip J. Richardson, "The Management and Disposal of High Level Waste; Lessons from International Experience for Future UK Policy", in: F. Barker (ed), Management of Radioactive Waste. Issues for Local

Authorities. Proceedings of the UK Nuclear Free Local Authorities Annual Conference 1997 held in Town House, Kirkcaldy, Fife, on 23 October 1997, Uitgever Thomas Telford, Londen, 1998, p 81-94.

¹⁰¹ PJ Richardson, "Public Involvement in the Siting of Contentious Facilities; Lessons from the radioactive waste repository siting programmes in Canada and the United States, with special reference to the Swedish Repository Siting Process, p 16-18.

¹⁰² <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/kamerstukken/2022/12/09/kamerbrief-met-uitwerking-afspraken-in-coalitieakkoord-over-kernenergie>, 9 december 2022.

¹⁰³ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/woo-besluiten/2023/02/16/besluit-op-woo-verzoek-nucleair-nederland>, 16 februari 2023.

¹⁰⁴ <https://www.laka.org/docu/boeken/pdf/1-01-0-23-06.pdf#page=2>, februari 1977.

¹⁰⁵ Tweede Kamer, 18830, nrs 1-4.

¹⁰⁶ Tweede Kamer, vergaderjaar 1985-1986, 18830, nrs. 46-47.

¹⁰⁷ <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/Public/18/076/18076239.pdf>

¹⁰⁸ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-55735.pdf>, 10 augustus 2009

¹⁰⁹ <https://www.laka.org/nieuws/bijlagen/2010/09/mededeling-voornemen-erh-09-2010-1-350516.pdf>, september 2010.

¹¹⁰ <https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2021Z04155&did=2021D09078>, 10 maart 2021.

¹¹¹ <https://smartport.nl/onderzoek-naar-kernenergie-in-rotterdam/>, 8 november 2021.

¹¹² <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2022/12/09/borssele-voorkeurslocatie-voor-twee-nieuwe-kerncentrales>, 9 december 2022.

¹¹³ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/kamerstukken/2022/12/09/kamerbrief-met-uitwerking-afspraken-in-coalitieakkoord-over-kernenergie>, 9 december 2022.

¹¹⁴ C. Andriess, "Kernenergie in beweging", Amsterdam, 1982, hoofdstuk 4.

¹¹⁵ <https://www.theguardian.com/commentisfree/2022/jul/27/nuclear-power-station-sizewell-c-water-suffolk>, 27 juli 2022.

¹¹⁶ <https://granta.com/on-sizewell-c/>, 28 april 2022.

¹¹⁷ Antony Frogatt et al., Mythos Atomkraft, Heinrich Böll Stiftung, 2010, pp 38-42.

¹¹⁸ <http://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/201407msc-worldnuclearreport2014-hr-v1.pdf>, 29 juli 2014, p 8.

¹¹⁹ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_EN_autre_document_travail_service_part1_v10.pdf, 4 april 2016.

¹²⁰ <https://news.mit.edu/2020/reasons-nuclear-overruns-1118>, 18 november 2020.

¹²¹ <https://www.bbc.com/news/business-24604218>, 21 oktober 2013.

¹²² <https://www.power-technology.com/news/hinkley-point-c-project-costs-rise-again/>, 21 februari 2023.

¹²³ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/kamerstukken/2021/07/07/aanbieding-rapport-marktconsultatie-kernenergie>, 7 juli 2021.

¹²⁴ <https://www.reuters.com/business/energy/edf-announces-new-delay-flamanville-epr-reactor-2022-12-16/>, 16 december 2022.

¹²⁵ <https://www.tvo.fi/en/index/production/plantunits/ol3.html>.

¹²⁶ https://aris.iaea.org/Publications/SMR_Book_2020.pdf

¹²⁷ https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_78743/the-nea-small-modular-reactor-dashboard, 13 maart 2023.

¹²⁸ <https://www.sgr.org.uk/publications/responsible-science>, 14 maart 2023.

¹²⁹ https://fwu.at/wp-content/uploads/OeSMR_FWU-2021_final.pdf, december 2021.

¹³⁰ <http://www.kernenergieinnederland.nl/node/701>

¹³¹ <http://epz.nl/kernenergie>.

¹³² https://www.worldnuclearreport.org/The-World-Nuclear-Industry-Status-Report-2021-HTML.html#_idTextAnchor013.

¹³³ <https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2016/7213-smrs.pdf>.

¹³⁴ <https://nuclear.foe.org.au/economics/>, december 2021.

¹³⁵ <https://www.ulc-energy.com/news/ulc-energy-secures-cooperation-from-constellation->, 13 september 2022.

¹³⁶ <https://www.rolls-royce.com/innovation/small-modular-reactors.aspx#/>

¹³⁷ www.no2nuclearpower.org.uk/wp/wp-content/uploads/2021/11/nuClearNewsNo135.pdf, 11 november 2021.

¹³⁸ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Constellation-to-help-Dutch-Rolls-Royce-SMR-deploy>, 15 september 2022.

¹³⁹ <https://www.gov.uk/government/publications/british-energy-security-strategy>, 7 april 2022.

-
- ¹⁴⁰ <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.
- ¹⁴¹ <https://www.rolls-royce-smr.com/press/rolls-royce-smr-shortlists-locations-for-first-factory>, 4 juli 2022.
- ¹⁴² <https://www.rli.nl/publicaties/2022/advies/splijstof?advies=samenvatting>, pagina 46, 7 september 2022.
- ¹⁴³ <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>, 2014.
- ¹⁴⁴ <https://unece.org/sites/default/files/2021-10/LCA-2.pdf>, november 2021.
- ¹⁴⁵ <https://www.iaea.org/publications/14786/energy-electricity-and-nuclear-power-estimates-for-the-period-up-to-2050>, 2020
- ¹⁴⁶ https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf.
- ¹⁴⁷ <http://www.nature.com/articles/s41560-017-0032-9>; <https://www.pv-magazine.de/2017/12/11/indirekte-photovoltaik-emissionen-kein-hindernis-fuer-dekarbonisierung/>, 12 december 2017.
- ¹⁴⁸ <http://www.dont-nuke-the-climate.org/> Jan Willem Storm van Leeuwen, Climate change and nuclear power. An analysis of nuclear greenhouse gas emissions. Commissioned by the World Information Service on Energy (WISE) Amsterdam 24 oktober 2017.
- ¹⁴⁹ http://energiasostenible.org/mm/file/GCT2008%20Doc_ML-LCE%26Emissions.pdf, 8 april 2008.
- ¹⁵⁰ <https://jaspervis.wordpress.com/2019/03/03/hoeveel-co2-kost-al-dat-staal-van-een-windmolen-eigenlijk-2019-update/>, 3 maart 2019.
- ¹⁵¹ <https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/NuclearVsWWS.pdf>, 15 juni 2019.
- ¹⁵² Jan Willem Storm van Leeuwen, Nuclear Monitor #886, June 8, 2020; CO2 emissions of nuclear power: the whole picture; <http://nuclearfreenw.org/climate.htm>.
- ¹⁵³ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421521002330?via%3Dihub>, Energy Policy, Volume 155, August 2021, 112363 Nuclear energy - The solution to climate change?
- ¹⁵⁴ <https://www.tno.nl/whitepaper-duurzaamheid-zonne-energie>, december 2021.
- ¹⁵⁵ <https://www.kabinetsformatie2021.nl/documenten/publicaties/2021/12/15/coalitieakkoord-omzien-naar-elkaar-vooruitkijken-naar-de-toekomst>, 15 december 2021.
- ¹⁵⁶ <https://d66.nl/verkiezingsprogramma/energie-voor-de-toekomst/>, 2021.
- ¹⁵⁷ https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.670462.de/19-30.pdf, 24 juli 2019.
- ¹⁵⁸ <https://www.streitpunkt-kernenergie.de/kosten/staatliche-foerderung>, april 2011.
- ¹⁵⁹ <https://www.kernenergieinnderland.nl/node/706>, 31 december 1969.
- ¹⁶⁰ <http://www.ucsusa.org/nuclear-power/nuclear-power-and-global-warming/nuclear-power-subsidies-report.html>, 23 februari 2011.
- ¹⁶¹ <https://eu.boell.org/en/2021/04/22/towards-clean-and-sustainable-energy-system-26-criteria-nuclear-power-does-not-meet>, 22 april 2021.
- ¹⁶² https://www.base.bund.de/SharedDocs/Stellungnahmen/BASE/DE/2022/base-fachstellungnahme-taxonomie.html?sessionid=F5BDDDBDC165943E9DEE2DA67DE303A9.3_cid482, 12 januari 2022.
- ¹⁶³ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/French-regulator-gives-update-on-corrosion-issue>, 18 mei 2022.
- ¹⁶⁴ <https://www.manager-magazin.de/unternehmen/edf-atom-risiko-frankreich-wie-electricite-de-france-europas-energiekrise-verschaerft-a-7ea9db2a-01d7-48c2-aef3-a6c91563a3ff>, 2 september 2022.
- ¹⁶⁵ <https://reneweconomy.com.au/france-electricity-prices-surge-past-e1000-mwh-as-more-nuclear-reactors-shut-down/>, 8 november 2022.
- ¹⁶⁶ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/EDF-posts-record-loss-in-France-due-to-reactor-out>, 17 februari 2023.
- ¹⁶⁷ <https://www.klimareporter.de/europaische-union/der-franzoesische-patient-wie-krank-er-wirklich-ist-und-wie-europa-die-energiekrisen-lindert>, 5 december 2022.
- ¹⁶⁸ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/EDF-posts-record-loss-in-France-due-to-reactor-out>, 17 februari 2023.
- ¹⁶⁹ <https://www.n-tv.de/wirtschaft/Wie-Frankreich-den-Strompreis-in-Deutschland-nach-oben-treibt-article23544865.html>, 24 augustus 2022.
- ¹⁷⁰ <https://open.overheid.nl/repository/ronl-bd63fed5ed0a01178ce57b9feb74cd088b5b8b/1/pdf/financing-models-for-nuclear-power-plants.pdf>, 26 september 2022.
- ¹⁷¹ <https://www.oecd.org/fr/publications/unlocking-reductions-in-the-construction-costs-of-nuclear-33ba86e1-en.htm>, 17 augustus 2020.
- ¹⁷² <https://www.citizensadvice.org.uk/>, 11 oktober 2019.
- ¹⁷³ <https://www.nera.com/publications/archive/2020/a-rab-model-for-new-nuclear-power-plants--the-economics-of-inves.html>, 20 maart 2020.
- ¹⁷⁴ <https://committees.parliament.uk/writtenevidence/111876/pdf/>, 28 oktober 2022.
- ¹⁷⁵ <https://www.kernvisie.com/actueel/nieuws/borssele-is-straks-vijftig-en-had-in-2022-een-uitmuntend-jaar.html>, januari 2023.
- ¹⁷⁶ <https://www.epz.nl/app/uploads/2021/02/LTO-bedrijfsduurverlenging.pdf>, jaartal waarschijnlijk 2013.

-
- ¹⁷⁷ www.nu.nl, 15 februari 2005.
- ¹⁷⁸ <http://epz.nl/kernenergie>.
- ¹⁷⁹ <http://kernenergiein nederland.nl/node/745>.
- ¹⁸⁰ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/vergunningen/2012/10/24/inspraak-verlenging-bedrijfsduur-kerncentrale-borssele.html>, 20 maart 2013.
- ¹⁸¹ <https://fd.nl/economie-politiek/1335399/knmi-kernenergie-nodig-om-klimaatdoelen-te-halen>, 21 februari 2020.
- ¹⁸² <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/borssele-directeur-carlo-wolters-met-alleen-wind-en-zon-halen-we-klimaatdoelen-niet~b4afa286/>, 27 januari 2020.
- ¹⁸³ https://www.laka.org/bijlagen/2020/04/epz_geeft_openheid_over_langer_openhouden_kerncentrale_borssele.pdf, 9 maart 2020.
- ¹⁸⁴ <https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/verslagen/detail?id=2016D51314&did=2016D51314>, 22 december 2016.
- ¹⁸⁵ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/kamerstukken/2020/09/14/levensduurverlenging-kerncentrale>, 14 september 2020.
- ¹⁸⁶ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/convenanten/2022/12/09/intentieverklaring-onderzoek-bedrijfsduurverlenging-kerncentrale-borssele>, 9 december 2022.
- ¹⁸⁷ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/kamerstukken/2022/12/09/kamerbrief-met-uitwerking-afspraken-in-coalitieakkoord-over-kernenergie>, 9 december 2022.
- ¹⁸⁸ <https://www.worldnuclearreport.org/-World-Nuclear-Industry-Status-Report-2019-.html>, 27 september 2019.
- ¹⁸⁹ <https://www.worldnuclearreport.org/>, februari 2020.
- ¹⁹⁰ <http://laka.org/info/publicaties/anderen/2015-07-KCB-storingen.pdf>, 13 juli 2015.
- ¹⁹¹ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/kerncentrale-borssele>.
- ¹⁹² <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=423>, 21 oktober 2022.
- ¹⁹³ <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/19731231-ongelukken.pdf>.
- ¹⁹⁴ <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/19741231-ongelukken.pdf>.
- ¹⁹⁵ <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/19751231-ongelukken.pdf>.
- ¹⁹⁶ <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/19761231-ongelukken.pdf>.
- ¹⁹⁷ <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/19771231-ongelukken.pdf>.
- ¹⁹⁸ <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/19781231-ongelukken.pdf>.
- ¹⁹⁹ <http://www.kernenergiein nederland.nl/node/152>.
- ²⁰⁰ http://www.kernenergiein nederland.nl/faceted_search/results/taxonomy%3A211.212%2C134.
- ²⁰¹ <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/19791223-vn.pdf>, 8 oktober 1982.
- ²⁰² Tweede Kamer, 16226, nr 10.
- ²⁰³ Tweede Kamer, 17100, XV, nr 55.
- ²⁰⁴ Tweede Kamer, 17600, XV, nr 121.
- ²⁰⁵ Tweede Kamer, 16226, nr. 5.
- ²⁰⁶ Tweede Kamer, 16226, nr 6.
- ²⁰⁷ Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, brief DGA/KFD/86/7287, 11 juli 1986.
- ²⁰⁸ Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, brief DGA/KFD/87/10660/GrJ, 4 augustus 1987.
- ²⁰⁹ Tweede Kamer, 16226, nr. 8.
- ²¹⁰ Tweede Kamer, 16226, nr 9.
- ²¹¹ Tweede Kamer, 16226, nr. 10.
- ²¹² Tweede Kamer, 16226, nr. 11.
- ²¹³ Tweede Kamer, 16226, nr. 13.
- ²¹⁴ Tweede Kamer, 16226, nr. 14.
- ²¹⁵ VGB Kraftwerkstechnik 74 (1994), Heft 4, p 303; Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, brief SZW/KFD/94/0080/RoA, 10 oktober 1994.
- ²¹⁶ atomwirtschaft, oktober 1994, p 657.
- ²¹⁷ Ministerie VROM, DGM/SVS/97110075.
- ²¹⁸ Ministerie SZW, RT98-347.256.
- ²¹⁹ Ministerie van SZW, RT99-224.256.
- ²²⁰ Inspectie Milieuhygiëne, RT00-240.256.
- ²²¹ Inspectie Milieuhygiëne, RT01-170.256.
- ²²² Inspectie VROM, RT02-415.256.
- ²²³ Ministerie VROM, 23 september 2003, RT03-308.256.
- ²²⁴ Ministerie VROM, september 2004, RT04-200.256.

-
- ²²⁵ Inspectie VROM RT05-120.256
- ²²⁶ Inspectie VROM, RT06-025.256
- ²²⁷ Inspectie VROM, RT07-135.256
- ²²⁸ Ministerie van VROM, Storingsrapportage 2007, Rapportage van ongewone gebeurtenissen in de Nederlandse nucleaire installaties in 2007.
- ²²⁹ Ministerie van VROM, Storingsrapportage 2007, Rapportage van ongewone gebeurtenissen in de Nederlandse nucleaire installaties in 2007.
- ²³⁰ http://www.vrominspectie.nl/Images/VI-2010-14%20Rapportage%20nucleaire%20inrichtingen%202009_tcm293-287519.pdf, 30 augustus 2010.
- ²³¹ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2011/11/14/storingsrapportage-2010.html>, 14 november 2011, p 7 en 11.
- ²³² <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez/documenten-en-publicaties/rapporten/2013/02/27/rapportage-van-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2011.html>, 27 februari 2013.
- ²³³ <http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/rapporten/2013/09/09/rapportage-van-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-instellingen-in-2012/rapportage-van-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-instellingen-in-2012.pdf>, 30 september 2013.
- ²³⁴ http://www.ilent.nl/onderwerpen/leefomgeving/nucleaire-veiligheid/ongewone-gebeurtenissen_2013/kerncentrale_borssele_kcb/index.aspx.
- ²³⁵ <http://epz.nl/actueel/kerncentrale-uit-bedrijf-na-schade-generatorkoelers>, 19 september 2013.
- ²³⁶ <http://epz.nl/actueel/update-defecte-generatorkoelers-kerncentrale>, 9 oktober 2013.
- ²³⁷ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2015/06/30/rapportage-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2014.html>, 29 juni 2015.
- ²³⁸ <https://www.autoriteitnvs.nl/actueel/nieuws/2016/06/29/rapportage-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2015>, 29 juni 2016.
- ²³⁹ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2017/04/18/rapportage-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2016>, 18 april 2017.
- ²⁴⁰ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/kerncentrale-borssele>
- ²⁴¹ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/kerncentrale-borssele>.
- ²⁴² <https://epz.nl/actueel/update-automatische-afschakeling-kerncentrale-borssele>, 5 augustus 2018.
- ²⁴³ <https://epz.nl/actueel/update-automatische-afschakeling-kcb>, 7 augustus 2018.
- ²⁴⁴ <https://epz.nl/actueel/update-automatische-afschakeling-kcb-1>, 17 augustus 2018.
- ²⁴⁵ <https://www.omroepzeeland.nl/nieuws/107835/Opstarten-kerncentrale-op-zijn-vroegst-in-oktober>, 27 augustus 2018.
- ²⁴⁶ <https://www.autoriteitnvs.nl/documenten/rapporten/2019/06/03/rapportage-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2018>, 3 juni 2019.
- ²⁴⁷ <https://www.autoriteitnvs.nl/actueel/nieuws/2020/06/29/nucleaire-inrichtingen-meldden-11-ongewone-gebeurtenissen-in-2019>, 29 juni 2020.
- ²⁴⁸ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/nieuws/2021/07/01/nucleaire-installaties-meldden-13-ongewone-gebeurtenissen-in-2020>, 1 juli 2021.
- ²⁴⁹ <https://www.epz.nl/actueel/meldingen-aan-de-overheid/>, 15 juli 2021.
- ²⁵⁰ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/kerncentrale-borssele#timeline-minor-event-143051767819380141>, 27 juni 2021.
- ²⁵¹ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/kerncentrale-borssele#timeline-minor-event-1430516832133510205>, 20 april 2022.
- ²⁵² <http://epz.nl/actueel/onderhoudsstop-kerncentrale-borssele-vervroegd>, 12 mei 2015.
- ²⁵³ http://www.onjo.nl/Item.2569.0.html?no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=41568, 25 maart 2011.
- ²⁵⁴ <http://epz.nl/sites/default/files/files/20160405%20Toelichting%20verbeteringen-vergunning.pdf>, 6 april 2016.
- ²⁵⁵ https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2016Z10010&did=2016D20711, 23 mei 2016.
- ²⁵⁶ Nationaal Plan voor de Kernongevallenbestrijding, Implementatie Kernenergiecentrale Borssele; Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21015. nr. 7.
- ²⁵⁷ Stichting Natuur en Milieu, brief van 19 februari 1990.
- ²⁵⁸ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-volksgezondheid-welzijn-en-sport/nieuws/2017/09/29/vooraankondiging-verspreiding-jodiumtabletten>, 29 september 2017.
- ²⁵⁹ <http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2014/07/02/kamerbrief-over-harmonisatie-aanpak-kernongevallen-in-nederland-en-buurlanden/kamerbrief-over-harmonisatie-aanpak-kernongevallen-in-nederland-en-buurlanden.pdf>, 2 juli 2014.
- ²⁶⁰ G.E. van Maanen, Pleidooi voor verbetering van de rechtspositie van slachtoffers van kernongevallen", lezing op het NVMP-symposium 'Wat leert Tsjernobyl ons?' op 13 september 1986 in Amsterdam, in verkorte

versie afgedrukt in: Nederlands Juristenblad, 29 november 1986, pp. 1342-1345. De citaten in dit artikel komen uit deze lezing.

- ²⁶¹ https://www.oecd-nea.org/law/nl/paris_conv.html; <https://www.oecd-nea.org/law/paris-convention-protocol.html>.
- ²⁶² <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/dossier/31119>
- ²⁶³ <https://atoompool.vereende.nl/>
- ²⁶⁴ https://www.rijksfinancien.nl/sites/default/files/kamerstuk_pdf/kst-35000-IX-2.pdf, 2018.
- ²⁶⁵ Herman Damveld. “Tsjernobyl, 10 jaar later”, Greenpeace Chernobyl Papers No. 4, maart 1996.
- ²⁶⁶ <http://www.reuters.com/article/us-tepco-outlook-idUSKBN13N03G?il=0>, 27 november 2016.
- ²⁶⁷ <https://www.kabinetsformatie2021.nl/documenten/publicaties/2021/12/15/coalitieakkoord-omzien-naar-elkaar-vooruitkijken-naar-de-toekomst>, 15 december 2021.
- ²⁶⁸ <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2022/12/09/borssele-voorkeurslocatie-voor-twee-nieuwe-kerncentrales>, 9 december 2022.
- ²⁶⁹ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/het-verhaal-van-ezk/weblogs/2022/waarom-kernenergie>, 9 december 2022.
- ²⁷⁰ <https://www.covra.nl/nl/organisatie/nieuws/boek-over-40-jaar-covra/>, 6 oktober 2022, pagina 97.
- ²⁷¹ Tweede Kamer, zitting 1981-1982, 17 100 hoofdstuk XVII, nr. 32, blz 25.
- ²⁷² Tweede Kamer, zitting 1975-1976, 13122, 12.
- ²⁷³ <https://radioactiefafval.nl/>.
- ²⁷⁴ Tweede Kamer, Radioactief afval, brief minister van VROM, 11 april 1986, vergaderjaar 1985-1986, 18 343, nr. 29.
- ²⁷⁵ <http://www.covra.nl/nieuws/2011/07/start-onderzoeksprogramma-eindberging-radioactief-afval-opera>, 5 juli 2011.
- ²⁷⁶ OPERA-PG-COV002 Meerjarenplan Opera, 5 juli 2011.
- ²⁷⁷ Nota Radioactief Afval, 19 April 1984. Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
- ²⁷⁸ Nota Radioactief Afval, 19 April 1984. Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
- ²⁷⁹ <https://www.bmu.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/endlagerprojekte/standortauswahlverfahren-endlager/das-standortauswahlgesetz>, 25 augustus 2020.
- ²⁸⁰ <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2022/03/21/bijlage-2-rapport-evaluatie-radioactief-afval/bijlage-2-rapport-evaluatie-radioactief-afval.pdf>, 21 maart 2022.
- ²⁸¹ <https://radioactiefafval.nl/>.
- ²⁸² <https://www.covra.nl/nl/downloads/cora/>, CORA eindrapport, pagina 35.
- ²⁸³ <https://www.ad.nl/zeeland/geen-zorgen-om-opslag-radioactief-afval-de-covra-is-veilig-en-bestand-tegen-zeespiegelstijging~af9224a3/>, 21 juni 2022.
- ²⁸⁴ <https://www.rijksoverheid.nl/regering/bewindspersonen/vivianne-heijnen/documenten/kamerstukken/2022/06/20/beantwoording-kamervragen-van-het-lid-leijten-sp-over-het-bericht-wat-te-doen-met-ons-kernafval>, 20 juni 2022.
- ²⁸⁵ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-32645-56.pdf>, 20 december 2013.
- ²⁸⁶ <https://www.laka.org/docu/boeken/pdf/1-01-9-12-09.pdf#page=2>, december 2013.
- ²⁸⁷ <https://www.commissiener.nl/adviezen/3546>, 9 maart 2023.
- ²⁸⁸ <https://www.commissiener.nl/docs/mer/p35/p3546/a3546ts.pdf>, 9 maart 2023.
- ²⁸⁹ <https://dp2021.deltaprogramma.nl/1-bestuurlijke-inleiding.html>, 15 juni 2020.
- ²⁹⁰ <https://www.deltares.nl/app/uploads/2022/09/Rapport-Bouwstenen-en-Adaptatiepaden-Zeespiegelstijging-final.pdf>, september 2022.
- ²⁹¹ <http://www.nuclearwaste.info/abfaelle-iii-abfalleigenschaften-teil-a/>, 8 februari 2016.
- ²⁹² http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/endaussage_sicherheitsanforderungen_bf.pdf, juli 2009.
- ²⁹³ <https://www.bge.de/de/endlagersuche/>.
- ²⁹⁴ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2016/02/10/ontwerp-nationale-programma-radioactief-afval>, 10 februari 2016, p 4 en 12.
- ²⁹⁵ Christa Garms-Babke, ‘Die Unvereinbarkeit nicht-rückholbarer Endlagerung radioaktiver Abfälle mit dem Grundgesetz’, Frankfurt, 2002.
- ²⁹⁶ Commissie Opberging te Land (OPLA), Onderzoek naar de geologische opberging van radioactief afval in Nederland. Eindrapport Aanvullend onderzoek van Fase 1 (1A), (1993).
- ²⁹⁷ http://www.sp.nl/onderzoek/normen_waarden_radioactiefafval.pdf, 2003.

- ²⁹⁸ 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.
- ²⁹⁹ http://www.cowam.com/IMG/pdf_cowam2_WP4.pdf, Long term governance WP4 Long term governance for radioactive waste Management, december 2006.
- ³⁰⁰ <http://endlagerdialog.de/2018/10/endlagersuche-der-dachverband-geowissenschaften-mischt/>, 14 oktober 2018.
- ³⁰¹ <https://www.covra.nl/nl/de-cijfers/>
- ³⁰² Email Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef, Plaatsvervangend directeur COVRA aan Herman Damveld dd. 11 januari 2013.
- ³⁰³ <http://www.covra.nl/jaarrapport-2013>, pp. 56 en 57.
- ³⁰⁴ Email Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef, Plaatsvervangend directeur COVRA aan Herman Damveld dd. 12 december 2014.
- ³⁰⁵ <http://www.covra.nl/downloads>, Kerngegevens COVRA, Inlegvel bij Jaarrapport 2014.
- ³⁰⁶ <http://www.covra.nl/jaarrapport-2015>, 23 september 2016, pp 3 en 69.
- ³⁰⁷ <https://www.covra.nl/app/uploads/2020/05/Covra-jaarverslag2019-definitief.pdf>, 7 mei 2020.
- ³⁰⁸ <file:///D:/Downloads/Covra-jaarrapport2021.pdf>, 10 mei 2022.
- ³⁰⁹ Email Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef, Plaatsvervangend directeur COVRA aan Herman Damveld dd. 11 januari 2013.
- ³¹⁰ <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.
- ³¹¹ 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 hoograadioactief 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).
- ³¹² <http://www.co2ntramine.nl/de-kerncentrale-borssele-en-de-verliesgevende-handel-in-plutonium/#more-3542>, oktober 2020.
- ³¹³ https://fissilematerials.org/blog/2022/08/troubles_with_frances_clo.html, 28 augustus 2022.
- ³¹⁴ <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>, december 2022.
- ³¹⁵ https://fissilematerials.org/blog/2022/08/troubles_with_frances_clo.html, 8 augustus 2022.
<https://www.french-nuclear-safety.fr/asn-informs/news-releases/new-year-s-greetings-to-the-press>, 19 januari 2022.
- ³¹⁶ <https://www.french-nuclear-safety.fr/asn-informs/publications/asn-s-annual-reports/asn-report-on-the-state-of-nuclear-safety-and-radiation-protection-in-france-in-2021>, 7 juni 2022.
- ³¹⁷ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnotas/2023/02/07/bijlage-1-onderliggende-beslisnota-kamerbrief-toezegging-met-betrekking-tot-opwerking-van-radioactief-afval>, 7 februari 2023.
- ³¹⁸ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnotas/2023/02/07/bijlage-1-onderliggende-beslisnota-kamerbrief-toezegging-met-betrekking-tot-opwerking-van-radioactief-afval>, 7 februari 2023, pagina 19 en 20.
- ³¹⁹ https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/45/045/45045692.pdf, juni 2010.
- ³²⁰ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnotas/2023/02/07/bijlage-1-onderliggende-beslisnota-kamerbrief-toezegging-met-betrekking-tot-opwerking-van-radioactief-afval>, 7 februari 2023, pagina 32.
- ³²¹ Herman Damveld, "Touwtrekken om kernafval", Groningen, juni 2001, p 10.
- ³²² Tweede Kamer, vergaderjaar 2006-2007, stuk 30.000, nr. 42, 25 oktober 2006.
- ³²³ <http://www.world-nuclear-news.org/ENF-Kazakhstan-tops-uranium-league-2701147.html>, 27 januari 2014.
- ³²⁴ <https://world-nuclear-news.org/Articles/Remediation-work-begins-at-Kyrgyz-legacy-uranium-s>, 28 juli 2020.
- ³²⁵ <https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/broschueren/bfe/atomausstieg-in-deutschland.html>, 11 november 2022, pagina 50-53.
- ³²⁶ 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.
- ³²⁷ <https://www.natuurkunde.nl/artikelen/745/nucleaire-geneeskunde>
- ³²⁸ <https://www.rivm.nl/publicaties/productie-en-gebruik-van-medische-radio-isotopen-in-nederland-huidige-situatie-en>, 3 juli 2017.
- ³²⁹ <https://www.energypolicy.columbia.edu/publications/deep-borehole-disposal-radioactive-waste-next-steps-and-applicability-national-programs/>, 17 november 2022.
- ³³⁰ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Deep-Isolation-secures-funding,-launches-Estonian>, 20 november 2020.
- ³³¹ <https://www.covra.nl/nl/downloads/onderzoeksprogramma/>, 4 november 2020.

- ³³² <https://www.laka.org/nieuws/2018/advies-kernafval-in-5-km-diepe-boorgaten-in-borssele-8998>, 14 mei 2018.
- ³³³ <https://www.forbes.com/sites/jamesconca/2022/01/14/norwegian-nuclear-decommissioning-concludes-deep-borehole-disposal-great-option-for-nuclear-waste/?sh=550918160b33>, 14 januari 2022.
- ³³⁴ https://www.norskdekkommissionering.no/wp-content/uploads/2021/12/Preliminary-assessment_Deep-Isolation-borehole-repository-as-a-disposal-option-for-nuclear-waste-in-the-ERDO-countries.pdf, 1 december 2021.
- ³³⁵ SANDIA REPORT SAND2012-7789 September 2012 Deep Borehole Disposal of Nuclear Waste: Final Report Pat Brady, Bill Arnold, Susan Altman, and Palmer Vaughn <http://prod.sandia.gov/techlib/access-control.cgi/2012/127789.pdf>
- ³³⁶ http://www.bundestag.de/blob/376822/a489fb1ff3922e24bad396b80f6f7f16/kmat_26-b-data.pdf.
- ³³⁷ Assessment of Disposal Options for DOE-Managed High-Level Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel <http://www.energy.gov/ne/downloads/assessment-disposal-options-doe-managed-high-level-radioactive-waste-and-spent-nuclear>, oktober 2014.
- ³³⁸ http://www.mkg.se/uploads/DB/Deep_borehole_disposal_of_nuclear_waste-engineering_challenges_Beswick_Gibbs_Travis_Proceedings_of_the_Institution_of_Civil_Engineers_April_2014.pdf.
- ³³⁹ <http://www.nwtrb.gov/press/prl200.pdf>.
- ³⁴⁰ <http://www.theengineer.co.uk/news/us-to-trial-pioneering-deep-hole-nuclear-waste-disposal-technique/1020281.article>, 28 april 2015.
- ³⁴¹ <https://www.theguardian.com/environment/2019/aug/01/what-should-we-do-with-radioactive-nuclear-waste>, 1 augustus 2019.
- ³⁴² <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Deep-Isolation-secures-funding,-launches-Estonian>, 20 november 2020.
- ³⁴³ <https://www.deepisolation.com/wp-content/uploads/2020/05/DeepIsolation-IntroWhitePaper-international-policy-makers.pdf>, september 2021.
- ³⁴⁴ <https://www.deepisolation.com/wp-content/uploads/2021/01/Sealing-of-a-Deep-Horizontal-Borehole-Repository-Nuclear-Waste-DeepIsolation.pdf>, Energies 2021, 14, 91.
- ³⁴⁵ <https://www.deepisolation.com/press/deep-isolation-publishes-study-of-deep-borehole-disposal-for-the-uks-nuclear-decommissioning-authority/>, 20 maart 2023.
- ³⁴⁶ <https://www.deepisolation.com/wp-content/uploads/2023/03/Deep-Isolation-Report-for-NDA-20-March-2023.pdf>, 20 maart 2023, pagina 9.
- ³⁴⁷ <https://www.ing-goebel.de/diskussion-2020/>.
- ³⁴⁸ <https://www.boell.de/de/2020/09/28/deutsche-ausgabe-des-ersten-world-nuclear-waste-report-2019>, 28 september 2020.
- ³⁴⁹ <https://www.covra.nl/nl/downloads/onderzoeksprogramma/>, 4 november 2020.
- ³⁵⁰ <https://www.covra.nl/nl/downloads/cora/>, rapport CORA (Commissie Opberging Radioactief Afval, 1995-2001).
- ³⁵¹ <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/19760618-brief.pdf>, 18 Juni 1976.
- ³⁵² <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).
- ³⁵³ <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/20010221-cora.pdf>, 21 februari 2001.
- ³⁵⁴ <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>.
- ³⁵⁵ Leeuwarder Courant, 11 en 12 juli 2014; <http://www.lc.nl/archief/Friesland-kandidaat-berging-kernafval-20877414.html>; <https://friesland.pvda.nl/fryslan-geen-optie-berging-kernafval/>, 17 juli 2014.
- ³⁵⁶ <https://www.kabinetformatie2021.nl/documenten/publicaties/2021/12/15/coalitieakkoord-omzien-naar-elkaar-vooruitkijken-naar-de-toekomst>, 15 december 2021.
- ³⁵⁷ <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2022/03/14/brief-over-gasleveringszekerheid-komende-winter-en-verder/brief-over-gasleveringszekerheid-komende-winter-en-verder.pdf>, 14 maart 2022.
- ³⁵⁸ <https://www.covra.nl/nl/downloads/cora/>, rapport CORA (Commissie Opberging Radioactief Afval, 1995-2001).
- ³⁵⁹ <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/19760618-brief.pdf>, 18 Juni 1976.
- ³⁶⁰ <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).

- ³⁶¹ <http://www.greenpeace.nl/Global/nederland/image/2011/publicaties/TASurveyrapport.pdf>, maart 2011; http://www.greenpeace.nl/Global/nederland/image/2011/PDF/GP_factsheet%20kernafval.pdf, maart 2011.
- ³⁶² <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>.
- ³⁶³ Leeuwarder Courant, 11 en 12 juli 2014; <http://www.lc.nl/archief/Friesland-kandidaat-berging-kernafval-20877414.html>; <https://friesland.pvda.nl/fryslan-geen-optie-berging-kernafval/>, 17 juli 2014.
- ³⁶⁴ <https://www.covra.nl/nl/organisatie/nieuws/boek-over-40-jaar-covra/>, 6 oktober 2022, pagina 97.
- ³⁶⁵ 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.
- ³⁶⁶ Hamstra, "Veiligheidsaspecten en risico's verbonden aan de opslag van kernsplijtingsafval", in: Atoomenergie, 1974, 7/8, p. 175-180.
- ³⁶⁷ <https://www.bge.de/de/asse/meldungen-und-pressemittelungen/meldung/news/2023/1/menge-und-messwerte-der-abtransportierten-zutrittsloesungen-des-jahres-2022/>, 18 januari 2023.
- ³⁶⁸ https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nukleare_Sicherheit/abfallentsorgung_kosten_finanzierung_bf.pdf, 12 augustus 2015.
- ³⁶⁹ <https://www.bge.de/de/aktuelles/meldungen-und-pressemittelungen/meldung/news/2022/1/679-schachtanlage-asse-ii/>, 10 januari 2022.
- ³⁷⁰ <https://www.bge.de/de/aktuelles/meldungen-und-pressemittelungen/meldung/news/2021/9/645-gorleben/>, 17 september 2021.
- ³⁷¹ <https://www.bge.de/de/endlagersuche/bergwerk-gorleben/>
- ³⁷² Atomwirtschaft, juni 1986, p 310.
- ³⁷³ http://www.cardnm.org/nonkarstfrm_a.html.
- ³⁷⁴ http://www.cardnm.org/nonkarstfrm_a.html.
- ³⁷⁵ <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0306312720986609>, 1 juni 2021.
- ³⁷⁶ <https://www.covra.nl/nl/downloads/onderzoeksprogramma/>
- ³⁷⁷ <http://world-nuclear-news.org/Articles/Work-starts-on-Finnish-fuel-encapsulation-plant>, 25 juni 2019.
- ³⁷⁸ <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/finland.aspx>, augustus 2020.
- ³⁷⁹ <http://www.greenpeace.org/sweden/se/press/pressmeddelanden/Greenpeace-welcomes-court-decision-on-nuclear-waste/>, 23 januari 2018.
- ³⁸⁰ <https://www.greenpeace.fr/report-the-global-crisis-of-nuclear-waste/>, 30 januari 2019; <http://www.nonuclear.se/szakalos-et-al20180426analys-av-karnbransleforvarsfragan>
- ³⁸¹ <http://www.mkg.se/en/scientificallly-inferior-skb-report-on-copper-corrosion-in-lot-project-shows-that-copper-is-not>, 1 oktober 2020.
- ³⁸² <http://www.mkg.se/en/the-regulator-ssm-expected-to-report-lot-results-to-the-government-in-the-beginning-of-march-mkg-has>, 4 februari 2021.
- ³⁸³ <https://www.skb.com/news/the-government-approves-skbs-final-repository-system/>, 27 januari 2022.
- ³⁸⁴ <https://www.mkg.se/en/the-swedish-government-allows-the-nuclear-industry-to-build-an-unsafe-repository-for-spent-nuclear>, 27 januari 2022.
- ³⁸⁵ Stewart Kemp (ed), "Management of Radioactive Waste. The Issues for Local Authorities", Proceedings of the conference organized by the National Steering Committee, Nuclear Free Local Authorities, and held in Manchester on 12 February 1991, Thomas Telford, Londen, 1991, p. 42.
- ³⁸⁶ Nuclear Energy Agency, "Radioactive Waste Management in Perspective", Parijs, juni 1996.
- ³⁸⁷ Herman Damveld, "Atoomafval in Beweging": februari 2012, p.13: <http://www.wisenederland.nl/sites/default/files/images/kernafval%20in%20beweging.pdf>
- ³⁸⁸ <http://www.energiestiftung.ch/files/downloads/energiethemen-atomenergie-atommuell-atommuell-kampagne/2012-nuclear-waste-web.pdf>, mei 2012. Herman Damveld en Dirk Bannink, "Management of spent fuel and radioactive waste. State of affair, a worldwide overview", <http://www.co2ntramine.nl/wp-content/uploads/2012/06/Management-of-spent-fuel-and-radioactive-waste-2012.pdf>, mei 2012. <http://energy.gov/sites/prod/files/Strategy%20for%20the%20Management%20and%20Disposal%20of%20Used%20Nuclear%20Fuel%20and%20High%20Level%20Radioactive%20Waste.pdf>, 11 januari 2013. <http://www.zeit.de/wirtschaft/2013-04/neusuche-gorleben-endlager-atommuell>, 9 april 2013; wetstekst: <http://www.ndr.de/regional/niedersachsen/endlager199.pdf>. http://www.polsoz.fu-berlin.de/polwiss/forschung/systeme/ffu/veranstaltungen/termine/downloads/13_salzburg/Auffermann-Salzburg-2013-oV.pdf, Onkalo: Recent policies on the disposal of nuclear waste in Finland Burkhard Auffermann,

Finland Futures Research Centre, “Climate Policy Strategies and Energy Transition”, session on “Nuclear Waste Governance in Comparison”, Schloss Leopoldskron, Salzburg, August 26, 2013.

<http://www.suedkurier.de/nachrichten/baden-wuerttemberg/themensk/Die-Standortfrage-bleibt-vorerst-offen:art417921.6638398>, 24 januari 2014.

<https://www.taz.de/Atommuell-Endlager-in-Frankreich/!132874/!13> februari 2014.

http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2014-02-12_-_Stockage_dechets_radioactifs_Meuse-Hte_Marne.pdf, 12 februari 2014.

<http://www.debatpublic-cigeo.org/docs/cr-bilan/bilan-cpdp-cigeo.pdf>, 12 februari 2014.

http://www.bfe.admin.ch/radioaktiveabfaelle/05182/index.html?lang=de&dossier_id=05183, Newsletter Tiefenlager, April 2014 / N°12, Institution: BFE, Erschienen: 15.04.2014.

http://www.posiva.fi/en/final_disposal/general_time_schedule_for_final_disposal#.U1YU1PGKB1s.

<http://www.world-nuclear-news.org/WR-Designing-Cigeo-disposal-site-0206141.html>, 2 juli 2014.

De directeur van het Bundesamt für Strahlenschutz, Wolfram König in:

http://www.asse.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/1_asse_einblicke/asse_einblicke_25.pdf?__blob=publicationFile, juli 2014.

<http://www.endlagerung.de/>.

<http://www.endlagerung.de/language=de/7131/schweden>.

http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nukleare_Sicherheit/nationales_entsorgungsprogramm_aug_bf.pdf, 12 augustus 2015.

<http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Global/Publikationer/Rapport/Avfall-transport-fysiskt-skydd/2015/2015-32-Safe-and-responsible-management-of-spent-nuclear-fuel-and-radioactive-waste-in-Sweden-National-Plan.pdf>, p 115, augustus 2015.

<http://www.world-nuclear-news.org/WR-Licence-granted-for-Finnish-used-fuel-repository-1211155.html>, 13 november 2015.

<http://www.world-nuclear-news.org/WR-US-public-views-sought-on-waste-siting-consent-2601167.html>, 26 januari 2016.

http://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/pressematerial/Hinkley_Point/1601_Studie_Sicherheitsrisiken_Atomm%C3%BCII_Becker.pdf,

januari 2016.

<http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/116/1811647.pdf>, 23 maart 2017.

<http://analysis.nuclearenergyinsider.com/worlds-first-waste-repository-build-contracts-confirm-cost-schedule-targets>, 19 april 2017.

³⁸⁹ <http://www.gdfwatch.org.uk/2019/01/02/geological-disposal-2019-international-preview/>, 2 januari 2019.

³⁹⁰ https://www.base.bund.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/BASE/DE/2022/zeitplan-zwischenstand.html;jsessionid=4B22E7190E994234AFEE51A34A413C4E.3_cid482, 20 december 2022; keuze locatie uiterlijk in 2068, gevolgd door aanleggen opbergmijn.

³⁹¹ <https://worldnuclearwastereport.org>, 11 november 2019, pagina 119 en 120.

³⁹² <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/One-year-delay-in-Canadian-repository-site-selecti>, 15 augustus 2022.

³⁹³ <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2022/07/01/brief-over-acties-die-zijn-ingezet-om-uitvoering-te-geven-aan-het-coalitieakkoord-op-het-gebied-van-kernenergie/brief-over-acties-die-zijn-ingezet-om-uitvoering-te-geven-aan-het-coalitieakkoord-op-het-gebied-van-kernenergie.pdf>, 1 juli 2022.

³⁹⁴ <https://www.base.bund.de/DE/themen/kt/ausstieg-atomkraft/aufgaben-nach-atomausstieg/lemke-broschuere-interview.html>, 11 november 2022.

³⁹⁵ <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2022/12/09/borssele-voorkeurslocatie-voor-twee-nieuwe-kerncentrales>, 9 december 2022.

³⁹⁶ https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/plenaire_verslagen/detail/2022-2023/37, 20 december 2022.

³⁹⁷ <https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/broschueren/bfe/atomausstieg-in-deutschland.html>, 11 november 2022, p 15.

³⁹⁸ <https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/broschueren/bfe/atomausstieg-in-deutschland.html>, 11 november 2022, p 16..