

Basiskennis kernenergie en radioactief afval in 20 argumenten

Herman Damveld, zelfstandig onderzoeker en publicist te Groningen

(Versie 6-5-2015)

Aanleiding	.	.	1
Inleiding	.	.	2
Samenvatting argumenten	.	.	2
Argumenten toegelicht	.	.	5

Aanleiding

De discussie over berging van radioactief afval in zoutkoepels of kleilagen komt weer op gang. Niet omdat de Nederlandse regering dat zo graag wil, maar omdat de Europese Unie dat eist. De Europese Unie heeft namelijk in 2011 in een richtlijn bepaald dat elke lidstaat uiterlijk eind augustus 2015 een Nationaal Programma voor eindberging van radioactief afval moet maken; daarbij is inspraak van de burgers een vereiste.^{1 2} Het ministerie van Economisch Zaken heeft vervolgens een wetsontwerp over ingediend op 14 december 2012 waarin staat: “Burgers, bedrijven en overheden zullen worden betrokken bij de vormgeving van het beleid voor het beheer van verbruikte splijtstoffen en radioactief afval.”³ De regering heeft op 13 augustus 2013 het Nationaal Programma Radioactief Afval aangekondigd en vroeg op 8 oktober 2013 onze mening over opslagmethodes van radioactief afval.⁴ Tot 21 november 2013 kon er gereageerd worden op het zogeheten startdocument. Dit is een rapport over kernafval dat in opdracht van de regering gemaakt is door Arcadis.⁵ Verschillende organisaties waaronder WISE en de Groninger Stichting Co2ntramine hebben in 10 punten uiteengezet waarom dit rapport niet geschikt is als startdocument. Ze stelden voor dat de regering het rapport intrekt en het huiswerk overdoet.^{6 7} In april 2014 heeft de Commissie MER (milieueffectrapportage) een zogeheten “Advies Reikwijdte en detailniveau” gepubliceerd, waarin onder meer wordt gesteld dat draagvlak en deelname van de bevolking belangrijk zijn. Onderzoek naar hoe je de bevolking bij het Nationaal Programma kunt betrekken, moet worden afgerond voor eind augustus 2015.⁸ Daar heeft de regering tot nu toe niet op gereageerd. Wel deelde de regering in april 2014 mee dat het concept Nationaal Programma eind 2014 ter inzage zou worden gelegd.⁹ Op 23 december 2014 werd dit uitgesteld naar het eerste kwartaal 2015.¹⁰ Op 1 mei 2015 deelde minister Kamp van Economische Zaken mee: “het ontwerpprogramma zal naar de Tweede Kamer worden gestuurd nog voordat het naar de Europese Commissie wordt verzonden.”¹¹ Het lijkt er daarom op dat er van enige inspraak door de bevolking geen sprake meer zal zijn. Ook het advies van de CMER over deelname van de bevolking wordt terzijde geschoven. Tegelijk gaat de regering door met voorbereidingen voor de eindberging. Volgens een TNO-rapport van juli 2014 zijn van de Nederlandse kleilagen die in Zuidwest-Friesland het meest geschikt voor de eindberging van kernafval. Als vervolgstap zijn proefboringen nodig.^{12 13} Dat duidt op de keuze van een regio voor de eindopslag. Aan de andere kant stelt de regering dat onderzoek, gericht op de keuze van een locatie of een regio, niet aan de orde is. Dan lijkt het of het TNO-rapport niet gemaakt had mogen worden, ook al heeft de regering het betaald. Het Nederlandse beleid gaat volgens de regering immers uit van tenminste 100 jaar bovengrondse opslag, gevolgd door eindberging in zoutkoepels of kleilagen.¹⁴ De nu levende volwassenen zullen als het aan de regering ligt de proefboringen en het begin van de eindberging niet meemaken, omdat ze over 100 jaar niet meer in leven zijn. TNO wil die proefboringen nu wel. We beschouwen de discussie over het Nationaal Programma dan ook als onwerkelijk en verwarrend.

In Nederland gaan stemmen op om minder aardgas naar boven te halen als reactie op de toenemende aardbevingen door de aardgaswinning uit het Groningen-veld. Het verleden heeft

geleerd dat de bouw van nieuwe kerncentrales in Nederland dan weer op de agenda komt, ook al is onder meer het kernafvalprobleem niet opgelost.

Dat zijn goede redenen om 18 argumenten over kernenergie te bespreken

Inleiding

De afgelopen jaren steekt regelmatig het nieuws de kop weer op dat kernenergie de toekomst heeft. De opleving van kernenergie is echter een illusie, een wensdroom van voorstanders van kernenergie. Het ongeluk met de Japanse kerncentrale bij Fukushima op 11 maart 2011 prikte deze wensdroom definitief door en betekent eerder een neer- dan een opgang van kernenergie.¹⁵

Kernenergie kent verschillende problemen, zoals de opslag van het radioactief afval¹⁷; de risico's van uraniumwinning^{18 19}; de beperkte voorraad uranium²⁰; de onveiligheid van kerncentrales met ongelukken als in Tsjernobyl in 1986^{21 22 23 24}; de hoge bouwkosten²⁵; de beperkte productiecapaciteit van de kernindustrie.²⁶ Kernenergie is niet broeikasgasvrij.²⁷ Ook deelde Nikolaus von Bomhard, directeur van Munich Re, één van de grootste verzekeraars ter wereld, op 20 maart 2011 mee dat kernenergie een niet te verzekeren risico is.²⁸

In Nederland bestaan al vanaf de jaren 70 plannen om meer kerncentrales te bouwen. Het energiebedrijf Delta begon in juni 2009 met de procedure voor een tweede kerncentrale bij Borssele, maar stopte er om economische redenen voorlopig mee in januari 2012.^{29 30}

Nu de afgelopen periode de aardgaswinning uit het Groningen-veld heftiger aardbevingen veroorzaakt, leidt dit tot veel discussie, acties en tot de roep om minder aardgas en andere energiebronnen te gebruiken.^{31 32 33} Deze roep wordt nog eens versterkt door de politieke spanningen tussen de Europese Unie en Rusland: 27% van het aardgas, 36% van de olie en 18% van het uranium dat de Europese Unie gebruikt komt immers uit Rusland.³⁴ Het verleden heeft geleerd dat kernenergie dan weer op de agenda komt, ook al zijn de problemen met kernenergie niet opgelost.

SAMENVATTING

Beperkte rol kernenergie

1. Kernenergie heeft maar een klein aandeel in de energievoorziening. In Nederland gaat het om 1,1% en wereldwijd om 4,4% van de gebruikte energie.
2. We horen vaak dat we hypocriet zijn omdat we geen kerncentrales willen, maar wel kernstroom uit Frankrijk importeren. Maar Nederland exporteert veel meer energie in de vorm van aardgas dan we importeren in de vorm van atoomstroom.
3. De industriële capaciteit en de beschikbaarheid van personeel zullen een belemmering vormen voor de bouw van nieuwe kerncentrales, zelfs al zouden bedrijven veel nieuwe kerncentrales willen bouwen.
4. De voorraad uranium is beperkt en ook daardoor is kernenergie geen oplossing voor het broeikaseffect. Als de verwachting van het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA) te Wenen voor kernenergie in het jaar 2000 zou zijn uitgekomen, zouden de bewezen en geschatte voorraden uranium nu al op zijn.
5. Niet alle uranium komt uit politiek stabiele gebieden, zoals we vaak horen beweren. Nederland haalt uranium voor de kerncentrale Borssele uit Kazachstan. Daar heerst een dictatuur en dat lijkt ons geen politiek stabiel land.

Geen oplossing kernafval

6. Acht zoutkoepels kunnen in aanmerking komen voor opberging van radioactief afval: Ternaard in Friesland, Zuidwending, Pieterburen, Onstwedde en Winschoten in de provincie

Groningen, Schoonlo en Gasselte-Drouwen in Drenthe, gevolgd door de minder zekere zoutkoepels Hooghalen en Anloo in Drenthe.

Op 11 juli 2014 bleek uit een rapport van TNO dat van alle Nederlandse kleilagen die in Zuid-Friesland het meest geschikt zijn: het gaat om gebieden rond Terwispel, Steggerda, Sneek en Bantega.

7. De Europese Unie wil dat er in 2015 een plan is voor opslag van kernafval. De regering bereidt zo'n plan voor maar zoekt geen draagvlak bij betrokkenen. Daardoor komt op indirecte manier de definitieve berging in de Noordelijke zoutkoepels en kleilagen weer in beeld. De Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA) is eigendom van de staat en verantwoordelijk voor de opslag van kernafval in Nederland. De COVRA wil opslag in de ondergrond vanaf 2130 en vraagt zich niet af of het verantwoord is om door te gaan met kernenergie. Maar het enige verstandige besluit is geen kernafval te maken, zolang er geen oplossing voor het kernafvalprobleem is.

8. Er is niet genoeg geld voor de berging van radioactief afval en de afbraak kerncentrale Dodewaard. Er is niet genoeg geld opzij gelegd om de eindopslag van radioactief afval te kunnen betalen uit het zogeheten Waarborgfonds Eindberging. Dit fonds groeit al 12 jaar minder dan gepland en in sommige jaren krimpt het. Daarmee is opslag van radioactief afval niet alleen een veiligheidsrisico, maar ook een financieel risico.

9. In Nederland horen we regelmatig dat het kernafvalprobleem in het buitenland wel is opgelost. Maar dat blijkt niet zo te zijn. Nergens ter wereld is een ondergrondse opslagplaats voor warmte-producerend hoogradioactief afval in bedrijf.

10. De veiligheid van de opslag valt niet te bewijzen. Er worden rekenmodellen gebruikt om de veiligheid op lange termijn uit te rekenen. Maar dergelijke rekenmodellen zijn onbetrouwbaar. De uitkomsten hangen af van het gebruikte model en van de persoonlijke inzichten van de makers van het model, terwijl fundamentele kennis veelal ontbreekt.

11. Regelmatig benadrukken voorstanders van kernenergie dat het maar om kleine hoeveelheden radioactief afval gaat. Maar bij het ongeluk in Tsjernobyl in 1986 kwam slechts 50 kilo van de radioactieve stoffen cesium, strontium en plutonium vrij. Toch betekent die 50 kilo dat er omvangrijke gebieden 300 jaar onbewoonbaar zijn. Een kleine hoeveelheid kernafval kan dus grote gevolgen hebben en is geen argument om net te doen of dit afval een te verwaarlozen probleem is.

12. Wereldwijd zijn er drie plaatsen waar in zoutmijnen radioactief afval is opgeborgen. Bij alle drie zijn er grote problemen. Bij de Duitse zoutkoepels te Asse en Morsleben lekten de vaten en kost het de belastingbetaler 6,1 miljard euro om er wat aan te doen. Bij de opslagmijn in een zoutlaag in de Verenigde Staten is plutonium ontsnapt. De geplande opslag in de Duitse zoutkoepel te Gorleben, waarvoor al 1,5 miljard euro is uitgegeven, gaat zeer waarschijnlijk niet door.

13. Al vanaf de jaren 70 doen voorstanders van kernenergie het voorkomen of de techniek van verkorting van de gevaarperiode van kernafval (ook wel 'levensduurverkorting' genoemd) al bestaat of binnenkort verkrijgbaar zal zijn. Maar niets is minder waar. En als deze technologie ooit toepasbaar wordt, gaat die niet op voor het kernafval van de kerncentrale Borssele, dus voor het probleem dat er nu al is.

14 We lezen regelmatig dat snelle kweekreactoren de hoeveelheid kernafval zouden verminderen. Dat is echter een illusie, temeer daar er wereldwijd nauwelijks kweekreactoren in bedrijf zijn. Ook zijn er dan speciale opwerkingsfabrieken nodig, die niet gebouwd worden. De bestaande opwerkingsfabrieken sluiten en hebben te kampen met onregelmatigheden.

15. Toekomstige generaties kunnen te maken krijgen met de gevaren van definitieve berging van radioactief afval in de diepe ondergrond. Het is onze verantwoordelijkheid om ook in de toekomst mensen van de bergingsplaatsen weg te houden. Men moet voorkomen dat kennis wordt vergeten of vernietigd. Men moet toekomstige generaties waarschuwen, maar hoe dat moet is onbekend.

Onveilige kerncentrales

16. In de kerncentrale Borssele zijn 421 bedrijfsstoringen geweest. Dat de noodstroomvoorziening en de dieselaggregaten niet werkten, kwam niet alleen in Fukushima, maar ook in Borssele voor.

17. Kerncentrales blijven een risico. In Finland en Frankrijk wordt nu de European Pressurizedwater Reactor (EPR) gebouwd, hét voorbeeld voor een moderne kerncentrale. Bij een ernstig ongeval met de EPR moet echter een gebied van 5600 vierkante kilometer geëvacueerd worden. De Nederlandse regering hanteert het zogeheten waarborgingsbeleid voor de vestiging van een nieuwe kerncentrale bij Eemshaven, Maasvlakte en Borssele. Dit komt er op neer dat de regering wil voorkomen dat vooral binnen een straal van vijf kilometer nieuwe fabrieken met veel werknemers of grote wooncomplexen (bv bejaardenflats) of recreatiegebieden worden aangelegd.

18. Wie de kleine lettertjes van de schadeverzekering bestudeert, leest dat schade door kernenergie niet gedekt wordt. Dit is niet toevallig. De verzekeringsmaatschappijen weigeren namelijk de schade te dekken die mensen kunnen oplopen door een ongeluk met een kerncentrale. Blijkbaar vinden ze kernenergie een te groot risico en te onveilig.

Dure kerncentrales

19. Kerncentrales zijn duurder dan gedacht. In de Verenigde Staten zouden zonder subsidies van de overheid de meeste van de 100 kerncentrales die de VS telt, niet gebouwd zijn; de nieuwe kerncentrales in aanbouw krijgen overheidssubsidie. Finland bouwt de EPR-kerncentrale Olkiluoto-3. De bouwer, het Franse bedrijf Areva, heeft de centrale voor 3 miljard verkocht. Maar Areva leidt er een verlies op van minstens 3 miljard euro, omdat de bouw 8,5 miljard euro kost.

Kerncentrale op thorium en kernfusie geen oplossing

20. Het duurt nog lange tijd (als het al ooit gebeurt) voordat zowel de thorium- als de kernfusiereactor op de markt te koop zijn en – zo Nederland dat zou willen – een alternatief kunnen zijn voor aardgas. Maar er zijn nu alternatieven beschikbaar als zonne- en windenergie en die moeten we benutten in plaats van jaren te wachten op thoriumcentrales of kernfusiereactoren. Daarom bespreken we deze verder niet.

DE ARGUMENTEN TOEGELICHT

1. Kernenergie 1,1% energiegebruik

Kernenergie zorgde in 2013 wereldwijd voor 10,8% van het elektriciteitsgebruik, dat is 4,4% van het totale energiegebruik.³⁵ Er zijn nu niet veel meer kerncentrales dan 25 jaar geleden. Eind 1988 waren er wereldwijd 429 kerncentrales in bedrijf, in januari 1998 waren het er 428; het aantal kerncentrales nam toe tot 444 in 2002 om daarna af te nemen naar 440 in mei 2011.^{36 37 38 39 40} In Duitsland werden in juni 2011 acht kerncentrales stilgelegd.^{41 42} Eind 2013 waren er volgens het IAEA 436 kerncentrales in bedrijf.⁴³ Begin 2015 gaat het om hetzelfde aantal van 436 kerncentrales⁴⁴ De 48 Japanse kerncentrales die voor het merendeel al drie jaar geen stroom produceren na het ongeluk te Fukushima vallen overigens onder de definitie van “in bedrijf” en tellen mee bij de 436 kerncentrales.⁴⁵

De hoeveelheid in Nederland geproduceerde en uit het buitenland geïmporteerde kernenergie kwam in 2012 uit op 1,1% van het energieverbruik. In 2012 was duurzame energie goed voor 4,4% van het energiegebruik en fossiele brandstoffen leverden 94,5%.^{46 47} Kernenergie zorgt sinds 1998 tot heden voor een kleine 4% van het elektriciteitsgebruik.⁴⁸

Duurzame energie in Nederland is mogelijk. Immers, 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.⁴⁹ Er is niet zozeer een energieprobleem in de betekenis dat er onvoldoende voorraden zijn. Het gaat om een omzettingsprobleem, het nuttig gebruiken van de zonne-energie.

2. Meer gasexport dan kernenergie-import

We horen vaak dat we hypocriet zijn, omdat we geen kerncentrales willen, maar wel kernstroom uit Frankrijk importeren. Daarbij wordt vergeten dat Nederland veel gas exporteert, jaarlijks zo'n 33 miljard kubieke meter.⁵⁰ Stel dat van dat gas elektriciteit gemaakt wordt. Een rekensom leert dat we daar 120 miljard kilowattuur (kWh) stroom van kunnen maken.⁵¹ De import van stroom in 2014 was ongeveer 33 miljard kWh, bij een export van 18 miljard kWh.⁵² Met het aardgas dat we exporteren kunnen we dus 3,6 keer zoveel stroom maken als we netto importeren.

3. Beperkte productiecapaciteit kerncentrales

Het Nucleair Energie Agentschap (NEA) heeft de Technology Roadmap Nuclear Energy uitgebracht.⁵³ Eén van de hoofdauteurs van dit rapport, Martin Taylor, zegt hierover: “Het is een ambitieus plan. We kunnen in het algemeen stellen dat de wereldwijde productiecapaciteit om kerncentrales te bouwen tussen nu en het jaar 2020 zal moeten verdubbelen om de doelen in ons rapport te halen.”

Taylor wijst erop dat “in de jaren 90 en ook de afgelopen tien jaar een aantal ondernemingen de nucleaire business min of meer heeft verlaten. Andere ondernemingen hebben hun capaciteit ingekrompen. Tegelijk steeg de gemiddelde leeftijd van het gekwalificeerde personeel. Velen zijn met pensioen gegaan of beginnen daar binnenkort aan. We concluderen daarom in onze roadmap dat beperking in de industriële capaciteit en in de beschikbaarheid van personeel een belemmering zal vormen voor de bouw van het aantal nieuwe kerncentrales. Dat geldt in ieder geval voor de komende jaren.”

Taylor verwijst naar het rapport waarin staat dat de productie van de meeste reactorcomponenten binnen een paar jaar kan toenemen. Maar het wordt lastig voor de grootste componenten zoals het reactorvat. Japan Steel Works is nu de enige fabriek die reactorvaten uit één stuk kan gieten. Het duurt zeker vijf jaar om zo'n fabriek te bouwen en er zijn maar weinig firma's die over de benodigde technologie en financiering beschikken, concluderen de auteurs van de roadmap.⁵⁴ In Engeland was er een plan om een fabriek voor reactorvaten te bouwen. De

Engelse regering heeft medio juni 2010 echter besloten om daar geen lening aan te verstrekken, zodat de bouw niet doorgaat.⁵⁵

Het International Energy Agency (IEA) stelde in november 2014 dat de maximale wereldwijde productiecapaciteit zo'n 15.000 Megawatt (MW) per jaar bedraagt, wat overeenkomt met 15 kerncentrales van elk 1000 MW of 10 kerncentrales zoals nu in Frankrijk en Finland in aanbouw zijn.⁵⁶ De productiecapaciteit is derhalve beperkt.

4. Broeikaseffect en uranium

Kernenergie draagt ook bij aan het broeikaseffect. Het gaat hier om CO₂ dat vrijkomt bij winning en bewerking van uraniumerts, bij de bouw van de kerncentrale, het transport van kernbrandstof, de afbraak van de centrale, etc.. Bij al deze werkzaamheden zijn machines nodig die benzine of diesel gebruiken en zo CO₂-uitstoot veroorzaken. Dit heet de indirecte CO₂-uitstoot.

Op het ogenblik worden uraniumertsen gewonnen met gemiddeld zo'n 0,1% uranium; in 1000 kilo gesteente zit dan een kilo uranium. In deze situatie is de indirecte CO₂-uitstoot van een kerncentrale 10 tot 50% van de totale CO₂-uitstoot van een gas-gestookte centrale en 15% tot 85% van een warmtekracht-installatie op aardgas, blijkt uit de schaarse beschikbare openbare gegevens.^{57 58 59}

Er is echter slechts een beperkte hoeveelheid van dit erts met 0,1% uranium. Wanneer vanwege het broeikaseffect meer kerncentrales gebouwd worden, zal men over tien tot vijftien jaar moeten overgaan op ertsen met een lager gehalte aan uranium. Dan moet veel meer gesteente afgegraven en verwerkt worden voor eenzelfde hoeveelheid uranium. Daardoor stijgt de indirecte CO₂-uitstoot. Bij een ertsgehalte van 0,02% is de indirecte CO₂-uitstoot door een kerncentrale gemiddeld 60% van die van een gascentrale. Bij nog armere ertsen van 0,01% is een kerncentrale verantwoordelijk voor meer CO₂-emissie dan wanneer dezelfde hoeveelheid elektriciteit verkregen zou zijn door meteen fossiele brandstoffen te verbranden.^{60 61 62}

70 keer Borssele

In 1976 schatte het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA) dat in het jaar 2000 kerncentrales wereldwijd een vermogen van 2.300.000 Megawatt (MW) zouden hebben.⁶³ Voor Nederland was die schatting ook heel groot: in 1972 ging de Kernenergienota van Minister van Economische Zaken Langman ervan uit dat er in Nederland in het jaar 2000 maar liefst 35.000 MW geïnstalleerd kernenergievermogen zou staan.⁶⁴ Dit is 70 keer het vermogen van de kerncentrale Borssele van 500 MW.

Als die IAEA-verwachting was uitgekomen, zou er vanaf 2000 jaarlijks 430.000 ton uranium nodig zijn geweest als brandstof voor die kerncentrales. Dat zou echter wel betekend hebben dat de bewezen en redelijk zeker geschatte voorraad uranium in het jaar 2003 al op zou zijn geweest.⁶⁵

Uraniumvoorraad en -productie

Alle kerncentrales wereldwijd gebruiken in 2014 bijna 60.000 ton uranium. Volgens een rapport uit 2014 van het NEA, een instituut dat vóór kernenergie is, zijn de bewezen en geschatte voorraden 4,6 miljoen ton. Daar komt nog eens 3,0 miljoen ton bij op grond van redelijk betrouwbare gegevens die nog nader getoetst moeten worden. Samen gaat het dan om 7,7 miljoen ton, die het NEA de "geïdentificeerde voorraad" noemt. Daarnaast schat het NEA de niet-ontdekte en speculatieve voorraden uranium op 7,6 miljoen ton.⁶⁶

Hoelang die bewezen en geschatte voorraad van 4,6 miljoen ton uranium meegaat is natuurlijk afhankelijk van de vraag. Bij het huidige gebruik van uranium is die voorraad over 76 jaar op (76 maal huidig jaarlijks verbruik van 60.000 ton). Als we daar de 3 miljoen ton nader aan te tonen voorraad bij optellen, komen we op 126 jaar.

Het International Energy Agency (IEA) heeft in de World Energy Outlook 2014 (WEO-2014) van november 2014 een toekomstverwachting voor kernenergie geschetst. De 436 kerncentrales die nu wereldwijd in bedrijf zijn hebben een opgesteld vermogen van 392.000 Megawatt (MW). Dit zal volgens het IEA in 2040 zijn gestegen naar 624.000 MW. In het jaar 2040 is er 106.000 ton uranium nodig en vanaf nu tot en met 2040 in totaal 2,3 miljoen ton uranium.⁶⁷ Dat is minder dan de 4,6 miljoen ton bewezen en geschatte voorraad.

Er is dus genoeg uranium in de grond, maar de vraag is of het tijdig uit de grond gehaald zal worden. Het IEA geeft namelijk aan dat de uraniumproductie van de bestaande en geplande mijnen daalt. In 2014 is de productie nog net gelijk aan de vraag maar daarna nemen de tekorten toe. De productie in het jaar 2040 zal ongeveer 61.000 ton zijn. Nodig is 106.000 ton, zodat er een tekort dreigt van 45.000 ton. Over tien jaar moeten er nieuwe uraniummijnen in bedrijf komen, wat betekent dat al over een paar jaar investeringsbesluiten genomen moeten worden om een tekort aan uranium te voorkomen, stelt het IEA.⁶⁸

Uranium snel op

Als de vraag nog sneller stijgt zijn we natuurlijk eerder door de voorraad heen. Dat kunnen we zien aan de hand van het volgende, uiteraard niet realistische, rekenvoorbeeld. Stel dat alle landen het voorbeeld van Frankrijk zouden volgen en besluiten dat kernenergie in 2030 zo'n 70% van alle elektriciteit moet leveren. Kernenergie zorgt in dit voorbeeld voor 27% van het wereldwijde energiegebruik, de rest komt uit fossiele brandstoffen en duurzame energie. We kunnen dan bij benadering uitrekenen dat tot eind 2030 zo'n 6 miljoen ton uranium nodig is.⁶⁹ Dat is bijna de totale geïdentificeerde voorraad van 7,7 miljoen ton. In plaats van over 126 jaar is in dit voorbeeld de geïdentificeerde voorraad uranium al over 21 jaar (in 2035) op en dan is men afhankelijk van onzekere speculatieve voorraden. Als er wereldwijd veel kerncentrales gebouwd worden om bijvoorbeeld het broeikas effect te bestrijden (wat ook verder noch de beste, noch de meest kosteneffectieve methode is), stuiten we al over enkele decennia op uraniumtekorten.⁷⁰

Overigens is volgens het Weense Internationale Atoom Energie Agentschap (IAEA) kernenergie in 2050 goed voor hooguit 2,2-5,6% van de energievoorziening in de wereld, nu is dat 4,1%.⁷¹

Meer Fukushima's

Stel dat we aan de problemen met kernenergie voorbijgaan, net doen of het ongeluk bij Fukushima niet is gebeurd en het Nucleair Energie Agentschap (NEA) te Parijs volgen. Het NEA heeft een scenario bedacht voor een forse toename van het aantal kerncentrales.⁷² Dat vergt op korte termijn een onwaarschijnlijke toename van de productiecapaciteit en van gekwalificeerd personeel. Tot 2050 moet elke twee weken begonnen worden met de bouw van een nieuwe kerncentrale. Het aandeel kernenergie in de totale energievoorziening neemt dan toe van 6% nu naar 15% in 2050. De rol van kernenergie blijft dus hoe dan ook beperkt.

Echter, hoe meer kerncentrales, hoe groter de kans op een kernsmelting. De kans dat er tot het jaar 2050 weer een kernsmelting plaatsvindt met ernstige gevolgen voor de omgeving is 40%, kunnen we uitrekenen op basis van de vooronderstellingen van de kernindustrie.^{73 74}

En dat zal opnieuw een tegenslag voor de kernenergie betekenen. Dat er dus vanaf nu elke twee weken begonnen zal worden met de bouw van een kerncentrale is zeer onwaarschijnlijk.

Daarmee is de nucleaire wederopstanding een illusie.

5. Politiek instabiel uranium

Komt alle uranium uit politiek stabiele gebieden, zoals we vaak horen beweren? Nederland haalt uranium voor de kerncentrale Borssele uit Kazachstan, een land dat zorgt voor 21% van de wereldwijde productie van uranium.^{75 76} Daar heerst een dictatuur en dat lijkt ons geen politiek stabiel land.

Uranium wordt ook in Afrika gedolven. WISE deed onderzoek naar de gevolgen van uraniummijnbouw in Zuid-Afrika, Namibië en de Centraal-Afrikaanse Republiek. Fleur Scheele, onderzoeker bij WISE en auteur van het rapport: “De sociale en milieuproblemen rond deze Afrikaanse uraniummijnen zijn zo ernstig dat je je niet voor kunt stellen dat een energiebedrijf daar zijn grondstoffen vandaan wil halen”.⁷⁷

6. Radioactieve wetenswaardigheden: wat, hoeveel, zoutkoepels en klei

Wat is radioactief afval

Kerncentrales draaien op uranium. Dit uranium wordt gewonnen uit erts en ondergaat daarna verschillende bewerkingen voordat het geschikt is voor toepassing in een kerncentrale. Bij elk van deze stappen ontstaat radioactief afval. Dit afval gaat naar bovengrondse opslagloodsen van de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA) bij Vlissingen, die verantwoordelijk is voor de opslag van alle soorten kernafval in Nederland. De COVRA is een NV waarvan alle aandelen sinds 2002 in handen zijn van de Staat.⁷⁸

Verarmd uranium ontstaat bij het verrijken van uranium. Het gasvormige uraniumhexafluoride, waarvoor niet voorzien is dat het op termijn opnieuw gebruikt kan worden, wordt in Pierrelatte (Frankrijk) omgezet naar een stabiel uraniumoxide in vaste vorm. Dat wordt bij COVRA als radioactief afval opgeslagen.⁷⁹

Bij de kerncentrale zelf hebben we te maken met bedrijfsafval (filters, besmette kleding e.d.) dat behoort tot de categorieën laag- en middelradioactief afval. De kerncentrale moet na het verstrijken van de levensduur afgebroken (ontmanteld) worden. Ook dat geeft radioactief afval. 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 (bij de gesloten kerncentrale Dodewaard ging het om Sellafield in Engeland). Dit is in feite een chemische fabriek waar het in de kerncentrale ontstane plutonium en het niet gebruikte uranium uit de brandstofelementen wordt gehaald. De restproducten van de opwerking heten 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 kerncentrales.

Volgens het ministerie van Economische Zaken is tot 2006 zo'n 88 ton teruggewonnen uranium van Borssele in Rusland verwerkt tot nieuwe kernbrandstof. Daarvan is 22 ton weer in Borssele geladen en de rest in andere – niet met name genoemde - kerncentrales.⁸⁰ Over latere jaren zijn geen gegevens bekend.

Tot nu toe kwam bij de opwerking 2800 kilo plutonium vrij. Daarvan is volgens de regering 2500 kilo verwerkt in brandstof voor andere kerncentrales, terwijl de overige 300 kilo, hoewel nog niet geschonken of verkocht, op dezelfde manier verwerkt zal worden.⁸¹ Het is niet bekend om welke kerncentrales het gaat.

Een nieuw contract van 20 april 2012 voor Borssele zet de bestaande praktijk voor radioactief afval, uranium en plutonium voort.⁸² Het radioactieve afval komt naar Nederland terug.^{83 84}

1000 kubieke meter radioactief afval per jaar

Jaarlijks wordt in Nederland ongeveer 1000 kubieke meter (m³) radioactief afval geproduceerd. Naast het afval van de kerncentrale Borssele hebben we te maken met verarmd uranium, radioactief afval van de Hoge Flux Reactor in Petten, laboratoria, onderzoeksinstellingen, industrie en ziekenhuizen.

Bij de COVRA stonden eind 2013 zo'n 39.000 vaten laag- en middelradioactief afval (11.000 m³), 2800 containers met verarmd uranium (17.000 m³) en 472 vaten met hoogradioactief afval (90 m³) opgeslagen.^{85 86 87}

Het bedrijfsafval van de kerncentrale Borssele bestaat jaarlijks uit 32-33 m³.⁸⁸ Jaarlijks ontstaat er 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.^{89 90}

Het volume van het kernafval van Borssele is een gering deel van het totale volume dat jaarlijks geproduceerd wordt. Bij radioactief afval gaat het echter niet om het volume, maar om de radioactiviteit ervan. De COVRA stelt dat de kerncentrale Borssele en de gesloten kerncentrale Dodewaard zorgen voor ruim 90% van de totale radioactiviteit die geproduceerd wordt en opgeborgen moet worden.⁹¹

Opbergplaatsen in zout en klei

De regering heeft in de jaren 80 en 90 twee commissies ingesteld die rapporten over berging van radioactief afval - aanvankelijk alleen in zoutkoepels, maar later ook in kleilagen - hebben gemaakt. Daaruit blijkt dat acht zoutkoepels in aanmerking kunnen komen voor opberging van radioactief afval: Ternaard in Friesland, Zuidwending, Pieterburen, Onstwedde en Winschoten in de provincie Groningen, Schoonlo en Gasselte-Drouwen in Drenthe, gevolgd door de minder zekere zoutkoepels Hooghalen en Anloo in Drenthe.^{92 93 94}

Uit een onderzoek in opdracht van Greenpeace komt naar voren dat er vier gebieden zouden zijn waar de zogeheten Klei van Boom aan de randvoorwaarden voor dikte en diepte voldoet: Noord-Brabant en westelijk Gelderland, centraal Gelderland, het zuidwesten van Friesland, delen van de Noordoostpolder en het IJsselmeer en de regio Enkhuizen, het noorden van Friesland en Groningen en aangrenzende delen van de Waddenzee.⁹⁵ Greenpeace heeft 108 gemeenten in deze vier gebieden opgeroepen zich uit te spreken tegen de opberging. Dat hebben 81 gemeenten gedaan, terwijl er in de overige 27 veel vragen zijn gesteld door de bevolking.^{96 97} Op 11 juli 2014 bleek uit een rapport van TNO dat de klei in Zuid-Friesland het meest geschikt is: het gaat om gebieden rond Terwispel, Steggerda, Sneek en Bantega

7. Europese Unie voor berging in zoutkoepels of kleilagen....

De Europese Raad van ministers heeft op 19 juli 2011 een richtlijn over opslag van kernafval vastgesteld. Deze heeft kracht van wet en daardoor komt de opslag van kernafval in Noord-Nederland weer in beeld. Die richtlijn is opgesteld door de Europese Commissie en besproken in het Europees Parlement.⁹⁸

Voor eind augustus 2015 moeten er nationale programma's komen waarin staat:

- welke doelen men wil bereiken;
- welke de belangrijke mijlpalen en tijdsaders zijn;
- om hoeveel kernafval het gaat;
- welke plannen en technische oplossingen er zijn voor het kernafval vanaf de productie van kernafval in de kerncentrale tot en met de eindopslag;
- op welke manier de bevolking betrokken wordt bij de plannen;
- de plannen voor de opslag als de opslagplaats gesloten is, inclusief de tijd dat de opslagplaats gecontroleerd moet worden;
- de middelen om de kennis van de opslagplaats te bewaren tot in lengte van dagen;
- onderzoek, ontwikkeling en demonstratie-activiteiten die nodig zijn om de gekozen oplossing voor het kernafval daadwerkelijk tot stand te brengen;
- overzicht van de kosten van de opslag en van de financiering van die kosten.^{99 100}

....maar Nederland na 2130

Op 5 juli 2011 begon de COVRA met het OnderzoeksProgramma Eindberging Radioactief Afval (OPERA): "Naar de huidige stand van de wetenschap en techniek is alleen geologische berging van hoogradioactief afval een veilige oplossing, die verzekert dat het afval ook op de

lange termijn buiten de levensruimte (biosfeer) van de mens blijft.” En: “De besluitvorming over een eindbergingsfaciliteit voor het Nederlandse radioactieve afval is een proces met een zeer lange tijdshorizon (volgens het huidige beleid tenminste 100 jaar) dat stapsgewijs zal worden uitgevoerd.”(...) “Internationale ervaringen leren dat dit een proces is van tenminste 20-25 jaar. De uiteindelijke bouw van de faciliteiten zal naar verwachting nog eens 5-10 jaar in beslag nemen. Dit betekent dat een eindberging in Nederland niet voor 2130 in bedrijf zal zijn.”^{101 102} De COVRA vraagt zich dus niet af of het verantwoord is om door te gaan met kernenergie. De stilzwijgende vooronderstelling is dat we het probleem rustig kunnen doorschuiven naar de toekomst, wellicht om de weerstand van de bevolking te ontlopen. Maar rond 2130 moet alle energie uit duurzame bronnen komen en is er geen kernenergie meer. Of er dan nog kennis over kernafval aanwezig is, is zeer de vraag.

De regering gaf de bevolking de mogelijkheid om tot 21 november 2013 te reageren op het zogeheten startdocument voor het ‘Nationaal Programma voor berging van radioactief afval’. Een aantal organisaties heeft als reactie 10 argumenten naar voren gebracht waarom het startdocument als zodanig ongeschikt is. Ze hebben voorgesteld dat de regering het startdocument intrekt en een nieuw begin maakt door eerst vast te stellen hoe een zinvolle discussie vormgegeven zou kunnen worden.¹⁰³ Daar heeft de regering niet op gereageerd. Wel verscheen in juli 2014 een TNO-rapport waarin staat dat van de Nederlandse kleilagen die in Zuidwest-Friesland het meest geschikt voor de eindberging van kernafval. Als vervolgstap zijn proefboringen nodig. Dat duidt op de keuze van een regio voor de eindopslag.^{104 105} Aan de andere kant stelt de regering dat onderzoek, gericht op de keuze van een locatie of een regio, niet aan de orde is. Dan lijkt het of het TNO-rapport niet gemaakt had mogen worden, ook al heeft de regering het betaald. Het Nederlandse beleid gaat volgens de regering immers uit van tenminste 100 jaar bovengrondse opslag, gevolgd door eindberging in zoutkoepels of kleilagen. De nu levende volwassenen zullen als het aan de regering ligt het begin van de eindberging niet meemaken, omdat ze over 100 jaar niet meer in leven zijn. We beschouwen de discussie die nu start over het Nationaal Programma dan ook als onwerkelijk en verwarrend.

8. Niet genoeg geld voor opslag radioactief afval

Er is niet genoeg geld opzij gelegd om de eindopslag van radioactief afval te kunnen betalen uit het zogeheten Waarborgfonds Eindberging. Dit fonds groeit al 12 jaar minder dan gepland en in sommige jaren krimpt het. Daarmee is opslag van radioactief afval niet alleen een veiligheidsrisico, maar ook een financieel risico.

We beginnen met een korte omschrijving van het probleem. De regering wil kernafval over 100 jaar ondergronds opslaan en legt nu geld opzij. Hoeveel is dat geld van nu over 100 jaar waard? Stel: ik heb 1 euro en zet dit bedrag op de bank tegen 3,5% rente. Hoeveel euro heb ik dan na 100 jaar? Een sommetje leert me dat het bedrag elke 20 jaar verdubbelt. Na 20 jaar heb ik 2 euro, na 40 jaar 4 euro en na 60 jaar 8 euro. Na 100 jaar heb ik dan 32 euro.

Als ik de eerste 20 jaar geen rendement behaal over 1 euro en dan nog maar 0,8 euro heb, kom ik na 100 jaar uit op 12,8 euro. En dat is veel minder dan 32 euro.

Dit rekenvoorbeeld geeft het probleem aan. Het fonds waarin geld voor opslag van kernafval is gestort, is gekrompen. En daarom haalt de regering het bedrag dat over 100 jaar nodig is bij lange na niet. Dat is de reden dat de opslag een financieel risico is.

De Nederlandse regering stelde in juli 2013 dat er in Nederland te weinig radioactief afval is om een ondergrondse berging van het afval economisch aantrekkelijk te maken.¹⁰⁶ In feite geeft de regering hiermee aan dat er te weinig kerncentrales zijn. Er zijn in Nederland echter geen nieuwe kerncentrales gepland, het plan voor een tweede kerncentrale bij Borssele is in januari 2012 geschrapt.¹⁰⁷ Om voldoende geld te hebben voor de eindopslag zijn er in de visie van de regering twee mogelijkheden. De eerste is wachten met de opslag, opdat er rendement behaald

wordt over het geld dat opzij gelegd is. De tweede is samen met andere landen radioactief afval opslaan, hetgeen dan ook in Nederland zou kunnen. De regering houdt beide opties open, maar gaat er in haar plannen van uit dat pas veel later deze eeuw de beslissing genomen hoeft te worden, ook over de mogelijkheid van internationale opslag.¹⁰⁸

In Nederland is de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA) bij Vlissingen verantwoordelijk voor de opslag van alle soorten kernafval. De COVRA is een NV waarvan alle aandelen sinds 2002 in handen zijn van de Staat.¹⁰⁹

Het Nederlandse beleid gaat uit van tenminste 100 jaar bovengrondse opslag, gevolgd door eindberging.¹¹⁰ Dit beleid stamt al uit 1984, maar werd op 14 augustus 2014 nog eens bevestigd door minister Kamp van Economische Zaken.¹¹¹ Aanvankelijk ging het om eindberging in zoutkoepels, maar vanaf 1993 werd ook de zogeheten Boomse klei als gastgesteente genoemd. Eveneens in 1993 werd voor het eerst terugneembaarheid een eis voor de eindberging.¹¹² De COVRA gaat ervan uit dat de aanleg van een opbergmijn een jaar of 20 duurt. “Dit betekent dat een eindberging in Nederland niet voor 2130 in bedrijf zal zijn.”¹¹³

De VVD-PvdA-regering stelde op 12 juli 2013, dat het geld dat nu voor berging opzij wordt gelegd de komende 100 jaar zal groeien.¹¹⁴ De regering gaat uit van het idee dat de benodigde financiële middelen zullen groeien doordat het rendement uit beleggingen en/of de rente altijd hoger zullen zijn dan de inflatie. Maar het uitgangspunt dat geld altijd zal groeien is in theorie onjuist. Dit is onder meer aangetoond door Bernard Lietaer, die werkzaam was bij de Centrale Bank van België en thans hoogleraar is aan de Berkeley University.¹¹⁵

Het idee dat geld zal groeien is echter ook in de praktijk onjuist. De eindberging moet betaald worden uit het geld dat gestort wordt in het Waarborgfonds Eindberging. In 2013 heeft dit Waarborgfonds een verlies geleden van 2,9 miljoen euro, staat in het Jaarverslag Beheer Staatsdeelnemingen dat op 9 december 2014 verschenen is: “Dit verlies wordt veroorzaakt doordat het beleggingsresultaat van het fonds ten behoeve van de eindberging van het radioactief afval achterblijft bij de gestelde doelen.”¹¹⁶ Het rendement van de COVRA over het eigen vermogen was in 2013 minus 30%.¹¹⁷

Minister Dijsselbloem van Financiën stelde hierover op 26 maart 2015, dat de COVRA jaarlijks een renteopbrengst moet halen van 4,3% (inclusief inflatie) om de eindberging in 2130 te kunnen betalen. De COVRA vult het verschil tussen de rente die zij heeft ontvangen en de rente die zij had moeten ontvangen zelf aan in het Waarborgfonds Eindberging. Daardoor ontstaat het verlies op het eigen vermogen.¹¹⁸

De Stichting Laka, het documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie te Amsterdam, heeft met een beroep op de Wet Openbaarheid van Bestuur (WOB) documenten opgevraagd bij het ministerie van Financiën over het Waarborgfonds Eindberging. Laka kreeg op 18 april 39 documenten waarvan 80% onleesbaar was gemaakt. Uit de wel leesbare stukken komt het volgende naar voren.¹¹⁹

Het ministerie van Financiën geeft in de notitie “Eindbergingsfonds” van 15 september 2011 aan wat de betekenis is van het Waarborgfonds Eindberging: “COVRA is belast met de eindberging van radioactief afval. Ter financiering hiervan draagt COVRA sinds haar oprichting financiële middelen af aan een apart gezet fonds dat “verplicht” belegt in staatspapier. Er is veel onzekerheid over het benodigde kapitaal voor een adequate eindberging, maar op basis van ramingen in andere Europese landen wordt uitgegaan van 1,5 à 2,5 miljard euro over tenminste 100 jaar.” En: “Het fonds (...) is gestart in 2002 met een kapitaal van 55 miljoen euro. Omstreeks 2130 moet dit gegroeid zijn naar een kapitaal van 2 miljard euro,” staat in een e-mail van dit ministerie van 11 april 2014: “Het fonds (...) groeit door afdrachten en door rentedotaties.”

Rentedotaties zijn de jaarlijkse opbrengsten uit de rente over het geld dat in het fonds zit. Maar die renteopbrengsten vallen tegen. In de notulen van de AVA (Algemene Vergadering van Aandeelhouders) van juni 2011 staat zelfs: “Sinds 2003 blijkt het gemiddelde rendement op de belegde middelen achter te blijven op het beoogde rendement, 2,3% gemiddeld in plaats van 3% (gecorrigeerd voor inflatie).”

Een belangrijke conclusie van het ministerie van Financiën is dat tegenvallers van de afgelopen periode zwaarder wegen dan tegenvallers over bijvoorbeeld 50 of 100 jaar. In de notitie “COVRA Beleggingsmandaat” van dit ministerie van januari 2013 staat hierover: “Dit klemmt te meer omdat een lage opbouw in het begin van de fondsvorming (meer, h.d.) doorwerkt, vanwege het rente-op-rente-effect, dan bijvoorbeeld een lage opbouw aan het einde van de looptijd.”

Hoe serieus de tegenvallers zijn wordt ook duidelijk uit een notie van het ministerie van Financiën voor een vergadering in april 2014: “Doordat de inflatie groter is dan de geboden rente, is de reële rente soms zelfs negatief. Dat betekent dat het eindbergingsfonds krimpt in plaats van groeit.” En: “COVRA heeft onvoldoende mogelijkheden om het tekort ten opzichte van de verwachting uit eigen middelen aan te vullen.” Tot zover wat we weten via de WOB. Minister Dijsselbloem van Financiën omschreef de situatie op 26 maart 2015 als volgt: “Het is op de (middel)lange termijn niet wenselijk als COVRA verliezen blijft lijden door tegenvallende renteresultaten. Deze situatie en mogelijke oplossingsrichtingen worden momenteel onderzocht in samenwerking met COVRA.”¹²⁰

Een soortgelijk probleem doet zich voor bij de kerncentrale Dodewaard. De eigenaar van de kerncentrale Dodewaard GKN (Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland) heeft vanaf de sluiting van de centrale in 1997 een fonds dat door een jaarlijks rendement moet groeien tot het bedrag dat noodzakelijk is voor de ontmanteling van de kerncentrale in 2045. De ministers van Financiën en Economische Zaken hebben op 30 april 2015 aan de Tweede Kamer laten weten: “GKN heeft tot op heden niet voldaan aan de verplichting uit de Kernenergiewet om financiële zekerheid te stellen aan de Staat voor de kosten van ontmanteling van de kerncentrale Dodewaard. Het niet kunnen stellen van deze financiële zekerheid betekent dat GKN op dit moment niet kan aantonen dat zij voldoende financiële middelen heeft om de ontmanteling van de kerncentrale Dodewaard, die is voorzien vanaf 2045, te kunnen betalen.”¹²¹

Kortom, er is tot nu toe onvoldoende geld opzij gelegd om de eindberging te kunnen betalen. De echte prijs voor de berging van radioactief afval is niet doorberekend aan de producenten. In de verwachting dat het geld zou groeien is de eindberging uitgesteld en doorgeschoven naar volgende generaties. Maar de afgelopen jaren blijkt het geld niet te groeien.

Daarom kwam de VVD-PvdA-regering op 13 augustus 2013 met een ander plan: internationale opslag. “Eindberging is voor een land met een klein kernenergieprogramma de duurste stap in het beheer van radioactief afval. Het realiseren van een eindberging met andere landen kan aantrekkelijk zijn vanwege onder meer schaalvoordelen.”¹²² Het buitenland moet dan zorgen dat er wél genoeg geld komt voor die opslag. Er moet daarom rekening gehouden worden met de mogelijkheid dat kernafval van andere landen in de Noord-Nederlandse kleilagen of zoutkoepels opgeslagen zal worden.

9. Nergens opslag hoogradioactief afval

De kerncentrale Borssele maakt kernafval dat zeker een miljoen jaar gevaarlijk blijft.¹²³ In Nederland horen we regelmatig dat het kernafvalprobleem in het buitenland wel is opgelost. Maar dat blijkt niet zo te zijn. Nergens ter wereld is een ondergrondse opslagplaats voor warmte-producerend hoogradioactief afval in bedrijf.

Tabel 1:*Vroegste tijdstip eindopslag hoogradioactief afval*

Land	verwachting in 1989 ¹²⁴	verwachting in 1996 ¹²⁵	verwachting in 2010 ¹²⁶	verwachting in 2014 ¹²⁷
Nederland	2000	??	??	2130
België	2030	2035	2070/80	2070/80
Duitsland	2005/10	2010	2035	2045/50
Finland	2020	2020	2020	2022
Frankrijk	2010	2020	2025	2025/30
Groot-Brittannië	??	2030	2040	2075
Zweden	2020	2020	2023	2027/30
Zwitserland	2025	2020	2040	2060
Canada	2015/25	2025	2035	2035
V.S.	2010	2013	??	2048

Als deze verwachting zou uitkomen, zou Finland het eerste land met een eindopslag zijn. In mei 1999 vroeg Posiva Oy, die twee kerncentrales exploiteert in Finland, een vergunning aan voor opslag bij Olkiluoto in de gemeente Eurajoki. Maar er zijn twijfels bij de veiligheid van deze opslag. In juni 2014 was de uiteindelijke bouwvergunning echter nog niet verstrekt en bleek er meer tijd nodig te zijn.¹²⁸ Als de opslagmijn is aangelegd, moet er nog een bedrijfsvergunning afgegeven worden voor de opslag kan beginnen.¹²⁹ Vandaar dat opslagbegin in 2020 niet gehaald wordt en het op z'n vroegst 2022 wordt.

De Zweedse geoloog Nils-Axel Mörner zegt hierover: "Posiva Oy vindt het voldoende dat vaten met kernafval op 50 tot 100 meter van breukzones opgeslagen worden, maar het zou vijf tot tien kilometer moeten zijn. Olkiluoto zit verticaal en horizontaal vol met dergelijke breuken. Daarom ben ik er niet van overtuigd dat de opslag daar veilig is."¹³⁰ Bovendien wordt elk van de 5000 vaten omsloten door 7 ton koper en het is de vraag hoe men kan voorkomen dat toekomstige generaties dat gaan delven.¹³¹

10. Veiligheid opslag niet te bewijzen

Met rekenmodellen probeert men na te bootsen hoe het opgeborgen kernafval zich in de periode van de komende honderdduizenden jaren in de ondergrond zal verplaatsen. Deze periode noemt men ook wel de simulatieperiode.

De rekenmodellen voor de veiligheid op lange termijn zijn onbetrouwbaar. De door de overheid ingestelde commissie voor opberging van kernafval (OPLA) stelde in het eindrapport van 1993 dat berekeningen over de risico's van de ondergrondse opslag van kernafval op lange termijn onbetrouwbaar zijn: de resultaten van modelberekeningen hangen af van het gebruikte model en van de persoonlijke inzichten van de makers van het model, terwijl fundamentele kennis veelal ontbreekt.¹³² De OPLA ging in haar eindrapport ook in op de vraag wanneer bewezen is dat een model klopt, ofwel 'gevalideerd' is en komt tot de conclusie dat dit alleen bereikt kan worden door vergelijking van de modelvoorspellingen met veldwaarnemingen: "Dit proces zal gedurende een lange periode moeten plaatsvinden (bijvoorbeeld 30-50% van de simulatieperiode) voordat het model als gevalideerd beschouwd kan worden. Dit is echter wel een 'ideaal validatieproces'. In de praktijk, en zeker in het kader van veiligheidsanalysestudies waar de geohydrologische modellen

gebruikt worden om voorspellingen te doen voor periodes van een tiental duizenden jaren, kan dit type validatie niet uitgevoerd worden."¹³³ Men zou dus duizenden jaren onderzoek moeten doen voordat men een uitspraak over de betrouwbaarheid van de modellen kan doen. Aan deze conclusies is sindsdien in feite niets veranderd: berekeningen over de veiligheid van opslag van kernafval blijven onbetrouwbaar.^{134 135 136 137 138}

11. 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. Dat kan duidelijk gemaakt worden aan de hand van het volgende. Door het ongeluk in april 1986 met de kerncentrale te Tsjernobyl werd een groot deel van Europa besmet. Een berekening aan de hand van rapporten van het Nucleaire Energie Agentschap laat zien dat er slechts 50 kilo langdurig gevaarlijke stoffen als cesium, strontium en plutonium verspreid werd.¹³⁹ Toch betekent die 50 kilo dat er omvangrijke gebieden in Wit-Rusland, Rusland en de Oekraïne langdurig besmet zijn. Een kleine hoeveelheid kernafval kan dus grote gevolgen hebben en is geen argument om net te doen of dit afval een te verwaarlozen probleem is.

In de discussie wordt overigens vaak verzwegen dat er in het buitenland veel afval vrijkomt vanwege de Nederlandse kerncentrales. Dit geldt speciaal voor het radioactief 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.¹⁴⁰

12. Kernafval in zout: lekkende vaten en ontsnapt plutonium

Wereldwijd zijn er drie plaatsen waar in zoutmijnen radioactief afval is opgeborgen. Bij alle drie zijn er grote problemen. Bij de Duitse zoutkoepels te Asse en Morsleben lekken de vaten en kost het de belastingbetaler 6,1 miljard euro om er wat aan te doen. Bij de opslagmijn in een zoutlaag in de Verenigde Staten is plutonium ontsnapt. De geplande opslag in de Duitse zoutkoepel te Gorleben, waar al 1,5 miljard voor is uitgegeven, gaat zeer waarschijnlijk niet door.

In de Duitse zoutkoepels te Asse en Morsleben liggen vaten met radioactief afval. Beide zoutkoepels hebben te kampen met grondwater dat naar binnen stroomt. De vaten uit Asse worden weer opgegraven, die in Morsleben blijven erin omdat de zoutkoepel wordt afgesloten

^{141 142}

Opgraven 126.300 vaten kernafval uit Asse

In de Duitse deelstaat Nedersaksen ligt de zoutkoepel Asse, waarin tot 1978 – toen de vergunning afliep - zo'n 125.000 vaten laag- en 1300 vaten middelradioactief afval zijn opgeslagen. Het laagradioactief afval ligt in twaalf opslagruimtes op 725 tot 750 meter diepte, het middelradioactief afval in één opslagruimte op 511 meter diepte.^{143 144}

Rond 1970 was het de bedoeling dat er ook hoogradioactief afval in zou komen. Dit Duitse plan was een belangrijke reden voor de Nederlandse overheid om te kiezen voor opslag in zoutkoepels. Het liep echter anders. Hoogradioactief afval is er nooit opgeslagen. In Asse is op 700 meter diepte het radioactieve cesium-137 vastgesteld. In 2008 werd bekend dat dit cesium al vanaf begin jaren 90 vrijkomt.¹⁴⁵ Er stroomt namelijk dagelijks 12.000 liter water de zoutkoepel in. Het gevormde pekkel heeft de vaten aangetast, waardoor er radioactiviteit uit de vaten lekt. Begin jaren 70 werd beweerd dat de opslag in Asse duizenden jaren veilig zou zijn.^{146 147} Nu blijkt er al na 40 jaar radioactiviteit te lekken.^{148 149}

Het Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) laat op 3 september 2009 weten dat het onduidelijk is hoelang het duurt voordat de schachten onder water komen te staan en dat daarom alle vaten

voor 2020 opgegraven moeten worden.^{150 151 152 153} Dit kost volgens de vorige Duitse milieuminister Norbert Röttgen (CDU) 3,7 miljard euro, waar nog eens 200 miljoen euro bijkomt voor de berging van middelactief afval.^{154 155}

Op 31 mei 2011 bracht het BfS een aflevering van het blad “Asse Einblicke” uit.¹⁵⁶ Daarin stelden de milieuminister van de Duitse regering en de minister-president van de deelstaat Nedersaksen dat er een vergunning is verleend aan BfS voor het terughalen van het kernafval.¹⁵⁷
¹⁵⁸

Om de vaten weer naar boven te halen wordt een nieuwe schacht gepland, die in het jaar 2028 gereed is. Daardoor kan het terughalen veiliger en sneller uitgevoerd worden. De bestaande schacht is voor het terughalen niet geschikt vanwege de geringe capaciteit.¹⁵⁹ De huidige milieuminister Barbara Hendricks zei op 4 maart 2014, dat niet voor 2033 (dus over 19 jaar) begonnen kan worden met het opgraven van de vaten.¹⁶⁰

De opgegraven vaten worden tijdelijk bovengronds opgeslagen in een gebouw, maar er is nog geen besluit genomen over de plek waar dat opslaggebouw moet komen. Daarna moeten de vaten ergens definitief opgeslagen worden. Maar de eindbestemming is ook in 2014 nog onbekend.^{161 162 163 164 165}

Intussen kost het steeds meer om het gangenstelsel in stand te houden, deelde het BfS op 6 oktober 2014 mee: in 2013 ging het om 110 miljoen euro en volgend jaar is 190 miljoen nodig, onder meer omdat er meer mensen nodig zijn om al dat werk uit te voeren.¹⁶⁶

Ook al is er nog veel onduidelijk, alle betrokkenen zijn ervan overtuigd dat ze met iets unieks bezig zijn. Het terughalen van vaten met kernafval is immers nog nergens ter wereld gebeurd.¹⁶⁷

Morsleben: dreigend water

In de Duitse zoutkoepel Morsleben in de deelstaat Saksen-Anhalt is 38.000 m³ licht- en middelradioactief afval opgeslagen. Jaarlijks stroomt 11.000 m³ water de zoutmijn in, dat grotendeels wordt opgevangen en naar boven gepompt. Omdat de zoutkoepel vol water dreigt te lopen en in te storten, is tot nu toe 950.000 m³ opslagruimte gevuld met een mengsel van zout, steenkoolfilteras, cement en water: zoutbeton geheten. Om het radioactieve afval voorgoed veilig af te sluiten van milieu-invloeden, moet in totaal 4 miljoen m³ opgevuld worden. Het Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) heeft hiervoor een vergunning aangevraagd en verwacht 15 tot 20 jaar nodig te hebben voor de klus geklaard is.

Om de situatie in de opslagmijn in de gaten te houden vinden er talloze metingen plaats. De holle ruimtes in de zoutkoepel vloeien heel langzaam dicht. Dat kan een bodemdaling tot gevolg hebben. En op 850 plaatsen wordt een eventuele bodemdaling gemeten, de afgelopen 20 jaar ging het om 1 millimeter per jaar. Daarnaast is het belangrijk te weten of het zout beweegt, de zogeheten convergentie: op 330 punten worden horizontale en verticale veranderingen in het gangenstelsel gemeten. De ontwikkelingen van scheuren in het zout wordt bij 30 plaatsen bijgehouden.¹⁶⁸ In totaal zijn er dus 1200 meetpunten

Plutonium ontsnapt uit zoutlaag met radioactief afval Verenigde Staten

Al in 1957 zei de Amerikaanse Academie van Wetenschappen dat het kernafval het beste in zout opgeborgen kon worden.¹⁶⁹ De Atoom Energie Commissie ontwikkelde plannen in die richting. In 1963 werd begonnen met proefboringen in zout bij Lyons in de staat Kansas. Dat leverde ongunstige resultaten op, waarop men op andere plaatsen in zout ging boren.¹⁷⁰ Ook zonder succes.

Vervolgens viel het oog op zout bij Carlsbad in New Mexico. Niet alle kernafval mag daar opgeslagen worden. De Amerikaanse overheid maakt een onderscheid tussen kernafval dat ontstaat bij de productie van kernwapens en kernafval dat ontstaat bij de productie van elektriciteit uit kerncentrales. Bij Carlsbad is de opslag van laag- en hoogradioactief afval uit kerncentrales voor de elektriciteitsproductie nadrukkelijk verboden door de overheid.¹⁷¹ Wel mocht een deel van het radioactieve afval van de kernwapenproductie daarnaartoe.¹⁷² De aanleg

van de opslagmijn op 655 meter diepte heeft de naam WIPP (Waste Isolation Pilot Plant) gekregen en kostte 2 miljard dollar (1,4 miljard euro).¹⁷³ De opslag zou aanvankelijk beginnen in 1988, maar omdat er water in de mijn lekte kon de exploitant, het ministerie van Energie (DOE), de opslag eerst in maart 1999 starten.^{174 175 176 177 178 179}

Er ligt nu zo'n 91.000 m³ afval, zoals kleren en apparatuur die besmet zijn met plutonium, verpakt in stalen vaten met beton eromheen.¹⁸⁰ De maximaal toegestane hoeveelheid is 175.600 m³.¹⁸¹ WIPP is wereldwijd de enige ondergrondse mijn in zout waar daadwerkelijk radioactief afval opgeborgen wordt. Zout is plastisch en beweegt bij WIPP 7,5 tot 15 centimeter per jaar en sluit zo als het ware vanzelf de vaten af van de omgeving.¹⁸² Terughalen van de vaten is dan vrijwel onmogelijk. En dat hoeft ook niet, stelde bijvoorbeeld het overheidsorgaan Environmental Protection Agency: er zou de komende 10.000 jaar geen radioactiviteit vrijkomen uit WIPP.¹⁸³ Deze stelling was vanaf het begin omstrede, maar werd door de overheid terzijde geschoven.¹⁸⁴

WIPP is in de ogen van voorstanders van kernenergie al een tijd een voorbeeld van een succesvolle opberging. Maar WIPP is deze voorbeeldfunctie nu kwijt. Op 14 februari 2014 is er namelijk een kleine dosis van de gevaarlijke radioactieve stoffen plutonium en americium gemeten in de omgeving van de opslagmijn. Maar wat is er precies gebeurd? Hoe kon er radioactiviteit vrijkomen en zich verspreiden tot in de buitenlucht? Dat is tot nu toe voor iedereen een raadsel. Er is nu wel een aantal mensen opnieuw de mijn ingegaan naar een deel waar geen kernafval ligt opgeborgen.^{185 186} De volgende stap is onderzoek in de buurt van de mogelijke radioactieve bron. Dat moet uiterst zorgvuldig gebeuren.

Het Amerikaanse ministerie van Energie stelde eind september 2014 dat waarschijnlijk een vat met plutonium-houdende nitraatzouten en organisch materiaal is ontploft. Het ontsmetten van het gangenstelsel in de opslagmijn, de aanleg van een nieuw ventilatiesysteem, een extra schacht en overige veiligheidsmaatregelen kosten omgerekend 250 miljoen euro. De uitvoering hiervan duurt tot begin 2016.^{187 188} In februari 2015 werd bekend dat één vat de bron van de besmetting was en dat het nog verder onderzocht zou worden.¹⁸⁹ Eind maart 2015 publiceerde het ministerie van Energie een rapport met een analyse van de oorzaak. Elk vat kernafval bevat 26 kilo kattenbakvulling van het merk SwheatScoop. Kattenbakvulling absorbeert vocht en neutraliseert nitraatzouten die in het radioactieve afval zitten. Het vulmateriaal van SwheatScoop is gemaakt van tarweproducten die chemisch reageren met nitraatzouten waarbij gassen ontstaan. Het is een exotherme reactie. De warmte en de gevormde gassen verhoogden de druk in het vat, totdat het deksel eraf knalde en er radioactieve stoffen vrijkwamen.¹⁹⁰ Begin mei 2015 zegde de exploitant DOE toe 73 miljoen dollar te zullen besteden aan verbetering van wegen en de waterinfrastructuur. Dit in plaats van de boete die de staat New Mexico wilde opleggen aan het DOE.¹⁹¹

Als reactie op deze gebeurtenis besloot de regering van de Staat New Mexico op 21 maart 2014 een geplande uitbreiding van de opslag niet toe te staan.¹⁹² Daarmee komt de berging van radioactief afval in de VS weer op de agenda.¹⁹³

Gorleben

Volgens een wet van 1976 liep de vergunning voor de berging van kernafval in Asse tot 1978. Daarom ging de Duitse overheid op zoek naar een andere zoutkoepel. Dit leidde in 1977 tot de keuze van de zoutkoepel Gorleben voor de eindberging van alle soorten radioactief afval. In een studie van 100 pagina's van de historicus Anselm Tiggemann van mei 2010 komt naar voren dat Gorleben in 1975/76 boven aan de lijst van 20 mogelijke locaties stond. De keuze viel in 1976 echter op de zoutkoepels Wahn, Lutterloh en Lichtenhorst. Bij deze zoutkoepels kreeg de overheid te maken met veel verzet tegen onderzoek. Daarop viel de keuze op Gorleben, echter zonder dat gegevens voor een vergelijking met andere zoutkoepels verzameld waren.^{194 195}

In juli 2014 werd duidelijk dat Gorleben vooral een economische impuls voor de regio zou moeten betekenen: Gorleben lag destijds in een uithoek van de Bondsrepubliek tegen de grens aan met de DDR, zodat er economische achteruitgang was.¹⁹⁶

In het grootschalige onderzoek vanaf 1977, dat 1,5 miljard euro heeft gekost, ontdekte men onder meer dat de zoutkoepel Gorleben in contact staat met grondwater.^{197 198} De toenmalige Duitse minister van Milieu en huidige minister van Economische Zaken Sigmar Gabriël stelde in augustus 2009 dat Gorleben vanwege de veiligheidsrisico's ongeschikt is voor opslag van radioactief afval.¹⁹⁹ Daarop begon een discussie voor een nieuw begin, die in 2013 leidde tot een wet waarin staat dat er in 2015 criteria moeten komen voor de eindberging, gevolgd door de keuze van locaties en een uiteindelijke berging vanaf 2050.²⁰⁰

Volgens deze wet moet Gorleben openblijven voor het geval deze zoutkoepel bij het zoeken naar een opslagplaats toch weer op de lijst komt te staan. Het openhouden kan bij een minimum aan bedrijvigheid, deelden de Bondsregering en de regering van Nedersaksen op 29 juli en 29 september 2014 mee. De bestaande twee schachten, de verbindingwegen daartussen en de minimaal noodzakelijke infrastructuur moeten in stand blijven. Een groot deel van het uitgebreide gangenstelsel van de opslagmijn zal niet meer gebruikt en onderhouden worden. Het onderzoek ter plekke stopt en de boorgaten met meetapparatuur worden dichtgemaakt. De technische infrastructuur voor onder meer licht en voldoende frisse lucht wordt ontmanteld. Bezoekersgroepen zijn ook niet meer welkom om voor de buitenwereld niet langer de indruk te wekken dat er aan een opbergplaats gewerkt wordt.^{201 202 203}

Als gevolg van dit besluit zal het niet gebruikte gangenstelsel op den duur instorten. Het zout vervormt, de gangen storten in of slibben dicht. Daarmee wordt een groot deel van de opslagmijn op korte termijn onbruikbaar. Dat er nog eens radioactief afval in wordt opgeborgen is daarmee onwaarschijnlijk.

13. Verkorting gevaarperiode kernafval illusie

In een kerncentrale ontstaan door het kernsplijtingsproces veel verschillende radioactieve stoffen. Sommige verliezen na korte tijd hun radioactiviteit, maar bij andere duurt dat honderdduizenden jaren. Deze langlevende stoffen zijn bepalend voor het risico op lange termijn. Als het nu mogelijk zou zijn de langlevende radioactieve stoffen om te zetten in kortlevende, zou het kernafval nog maar bijvoorbeeld 700 tot 1500 jaar gevaarlijk blijven. Dan zou dus ergens tussen het jaar 2710 en 3510 onze zorg voor het kernafval kunnen ophouden.

Al vanaf de jaren 70 doen voorstanders van kernenergie het voorkomen of de techniek van verkorting van de gevaarperiode van kernafval (ook wel 'levensduurverkorting' genoemd) al bestaat of binnenkort verkrijgbaar zal zijn.^{204 205} De werkelijkheid is echter geheel anders.

Volgens het hoofd van de afdeling Nucleaire Ontwikkeling van het Nucleair Energie Agentschap (NEA) te Parijs in april 2009 duurt het "nog minstens dertig jaar voor de technologie voor de verkorting van de gevaarperiode van het kernafval op enige schaal praktisch toegepast kan worden. Voor het zover is, moet nog veel onderzoek gebeuren."²⁰⁶

We zijn dan op z'n vroegst in 2040. Het proces zelf, de daadwerkelijke verkorting van de gevaarperiode, vergt minstens 40 jaar. In het gunstigste geval zijn we dan in het jaar 2080. Volgens Duitse onderzoekers duurt het nog langer en moeten we in de Duitse situatie eerder rekening houden met het eind van deze eeuw.²⁰⁷

14. Snelle kweekreactoren verminderen hoeveelheid kernafval niet

Deze omzetting kan met name in snelle kweekreactoren, een type reactor zoals gepland was in Kalkar. Die kweekreactor is in de jaren 90 na een investering van enkele miljarden euro's omgebouwd tot pretpark omdat het kweekproces onrijp en te duur was.²⁰⁸ We krijgen dan de absurde situatie dat er ergens een Kalkar-centrale gebouwd moet worden om de langlevende radioactieve stoffen van de kerncentrales Borssele en Dodewaard te behandelen. Verkorting van de levensduur van kernafval gaat dus gepaard met de bouw van nieuwe kerncentrales.

Bovendien moeten er opwerkingsfabrieken gebouwd worden die veel geavanceerder zijn dan de huidige. In de huidige fabrieken worden uranium en plutonium uit de gebruikte brandstof gehaald, maar voor levensduurverkorting moeten de meer radioactieve stoffen worden afgescheiden van de rest. Dergelijke fabrieken bestaan niet, terwijl bestaande fabrieken problemen kennen. De Engelse THORP gaat in 2018 dicht, werd begin maart 2014 bekend gemaakt.²⁰⁹ THORP begon in 1994 en had veel problemen, zodat de fabriek vaak stil was, omgerekend zes van de 21 jaar die sindsdien verspreken zijn.²¹⁰

De Tokai-opwerkingsfabriek in Japan, die in 1981 in bedrijf is gekomen sluit binnen een paar maanden, werd eind september 2014 bekend.²¹¹ In Japan begon de bouw van de Rokkasho opwerkingsfabriek in 1993, waarop de fabriek in 1997 in bedrijf zou komen. Deze fabriek heeft dezelfde technologie als die te La Hague en Frankrijk. De exploitant Japan Nuclear Fuel Limited (JNFL) heeft eind oktober 2014 meegedeeld dat de fabriek in maart 2016 in bedrijf zal komen en in 2019 op vol vermogen kan draaien (800 ton per jaar).²¹²

and was originally expected to be completed by 1997

Behalve al deze problemen die eerst nog maar eens opgelost moeten worden, gaat deze technologie sowieso niet op voor al het tot nu toe geproduceerde hoogradioactieve kernafval van de kerncentrales Borssele en Dodewaard, omdat het na opwerking in glas is ingesmolten. Toenmalig minister Verhagen omschreef dit op 11 mei 2011 als volgt in een brief aan de Tweede Kamer: “Daarnaast is het zo dat het al bestaande en bij de COVRA opgeslagen hoogradioactieve verglaasde afval niet meer voor levensduurbekorting in aanmerking komt. Voor dit afval zal eindberging noodzakelijk blijven.”²¹³

Kortom, deze technologie geeft geen oplossing voor het probleem dat er nu al is.

Snelle kweekreactoren zijn er wereldwijd overigens nauwelijks, hoewel kweekreactoren al tientallen jaren worden geprezen als de reactoren van de toekomst.²¹⁴

Het Internationale Atoom energie Agentschap (IAEA) te Wenen publiceerde in 1980 uitgebreide documentatie over de toekomst van de kernenergie. Het gaat om het Infce-rapport (International Nuclear Fuel Cycle Evaluation).²¹⁵ Kweekreactoren hebben volgens dit rapport een grote toekomst. In 1980 bedroeg het opgesteld vermogen van kweekreactoren wereldwijd 1.170 Megawatt en dat zou toenemen naar 24.000 tot 42.000 Megawatt in het jaar 2000, terwijl 200.000 Megawatt-kweekreactoren in 2005 genoemd worden. De werkelijkheid laat een ander beeld zien.

In Frankrijk was de Phenix met een vermogen van 250 Megawatt van 1973 tot 2010 in bedrijf en de Superphenix (1200 Megawatt) van 1986 tot eind 1999. De Japanse snelle kweekreactor Monju (250 Megawatt) heeft in 1995 een paar maanden gedraaid en stopt nu definitief. De Russische BN-600 (Beloyarsk- eenheid 3; 600 Megawatt, begon in 1980) was daarmee lange tijd de enige kweekreactor in bedrijf wereldwijd, maar daar kwam op 27 juni 2014 de BN-800 (Beloyarsk- eenheid 4; 800 Megawatt) bij.^{216 217 218} De BN-800 is een proefreactor en verschilt van de vorige kweekreactoren; daarom is het doel niet om economisch stroom opwekken maar ervaring opdoen voor een vervolgreactor de BN-1200, bleek in april 2015.²¹⁹ Rusland had aanvankelijk gepland om in 2025 de BN-1200 in bedrijf te nemen, maar heeft in april 2015 besloten om de bouw voor onbetaalde tijd uit te stellen en intussen te werken de economische levensvatbaarheid van deze kweekreactor te verbeteren.^{220 221 222}

15. Waarschuwen voor gevaar radioactief afval

Toekomstige generaties kunnen te maken krijgen met de gevaren van definitieve opslag van kernafval in de diepe ondergrond. Het radioactieve afval blijft immers een miljoen jaar gevaarlijk. Ook in Nederland is opslag op lange termijn niet uitgesloten. Wanneer we het beginsel 'rechtvaardigheid' in acht nemen, dan is het onze verantwoordelijkheid de mensen in de toekomst van de opslagplaatsen weg te houden.

Bij het doorgeven van kennis aan toekomstige generaties moeten we ervoor zorgen dat er geen belangrijke feiten of gegevens verloren gaan. Het kennisniveau moet stabiel blijven. Men moet voorkomen dat kennis wordt vergeten of vernietigd of in een andere context een andere betekenis krijgt. Dit is een onderwerp waarvoor nauwelijks aandacht bestaat. Neem als voorbeeld de eerste generaties computers, met grote floppy's om de tekst op te bewaren. Op die floppy's staan teksten, maar er zijn geen computers meer waar men die floppy's in kan stoppen. En daarmee wordt in feite veel informatie ontoegankelijk gemaakt.

Bij opslag van kernafval zullen we met de noodzaak van het bewaren van kennis rekening moeten houden. In de Verenigde Staten wordt vanaf begin jaren 80 op dit onderwerp gestudeerd. De Amerikaanse overheidsinstelling Environmental Protection Agency (EPA) stelde in 1998 aan de hand van die studies dat extra maatregelen nodig zijn: permanente markering van de opslagplaats, het bewaren van gegevens in openbare archieven en andere methoden om de kennis te kunnen behouden over plaats, ontwerp en inhoud van een opslagsysteem van kernafval. Hoe dit moet is sindsdien wereldwijd voorwerp van studie, bijvoorbeeld door het Radioactive Waste Management Committee van het Nuclear Energy Agency. Tot nu toe zijn geen conclusies getrokken over of en hoe we kunnen communiceren met toekomstige generaties.^{223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237}

16. Kerncentrale Borssele: 421 bedrijfsstoringen

De overheid brengt vanaf 1980 jaarlijkse overzichten uit van storingen en ongevallen in de kerncentrales. Uit de overzichten blijkt dat zich tot eind 2013 in de kerncentrale Borssele 421 bedrijfsstoringen hebben voorgedaan. Daarbij vielen regelmatig belangrijke veiligheidsvoorzieningen uit. In 1981, 1984, 1986, 1987, 1989, 2006, 2010, 2011 en 2013 zijn er problemen geweest met de noodstroomvoorziening en de dieselaggregaten. Dat de noodstroomvoorziening en de dieselaggregaten niet werken, kwam dus niet alleen in Fukushima, maar ook in Borssele voor.²³⁸

Gelukkig is het tot nu toe niet echt fout gegaan in Borssele, maar een aantal keren zijn stappen op weg naar een ernstig ongeluk gezet. In antwoord op Kamervragen stelde de toenmalige minister Verhagen hierover op 19 april 2011 dat Borssele “geen bijzonder gevaar” liep bij deze storingen. Maar in feite erkent de minister dat er terdege gevaar is geweest, want: in 1986 is de noodstroomvoorziening aangepast; in 1991 is een extra voorziening aangelegd die ervoor zorgt dat de kerncentrale na afschakeling gedurende 45 minuten zonder externe voeding of noodstroom nog vervalwarmte kan afvoeren; in 1997 zijn er dieselgeneratoren vervangen; ook wordt er in de noodprocedures sinds 2006 rekening mee gehouden dat de stroomtoevoer van buitenaf langere tijd niet beschikbaar is.^{239 240 241}

Al deze maatregelen zouden niet nodig geweest zijn als de hier genoemde storingen niet ernstig waren geweest.

17. Kerncentrales blijven een risico

De Nederlandse regering stelde in 2008 in het Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEV III) dat bij een ernstig ongeval binnen een straal van 5 kilometer met een snelle evacuatie rekening gehouden moet worden. Dit in tegenstelling tot SEV II waar een afstand van 20 kilometer genoemd werd voor evacuatie. Maar omdat de moderne kerncentrales veiliger zijn dan kerncentrales als bijvoorbeeld die te Borssele, noemt de regering nu vijf kilometer.

Het is de vraag of die nieuwe kerncentrales daadwerkelijk veiliger zijn. Dit laten we zien aan de hand van de European Pressurizedwater Reactor (EPR), die hét voorbeeld moet zijn van de nieuwe generatie kerncentrales. Over de EPR heeft het onderzoeksbureau Large and Associates in maart 2007 een rapport uitgebracht.²⁴² Daarin staat dat bij een ernstig ongeval een gebied van 5600 vierkante kilometer geëvacueerd zou moeten worden. De ontwerper van de EPR, Areva, laat het bij een te evacueren gebied van 123 vierkante kilometer, omdat Areva ervan uitgaat dat allerlei – niet eerder toegepaste en daarom in de praktijk onbewezen – technische maatregelen

perfect zullen werken. Ook sluit Areva veel ernstige ongelukken die mogelijk zijn van tevoren uit. In deze beperkte visie van Areva komen we uit op een afstand van ruim 5 kilometer van de centrale waar geëvacueerd moet worden. Large and Associates komen uit op een te evacueren gebied tot op tientallen kilometers van de kerncentrale.

Minister Kamp van Economische Zaken heeft op 2 juli 2014 aangegeven dat de gevolgen van een kernongeval ernstiger zijn dan tot nu toe aangenomen in Nederland. Bij een kernongeval met de kerncentrale Borssele gaat het om:

“Binnen 10 km: evacuatie (binnenste 5 km met voorrang), schuilen en jodium-predistributie voor iedereen t/m 40 jaar; de preparatiezone “jodiumprofylaxe voor kinderen tot 18 jaar en zwangere vrouwen” wordt voor kernenergiecentrales uitgebreid tot 100 km. Consequentie hiervan is dat onder meer Rotterdam, Eindhoven en Den Bosch binnen deze preparatiezone voor de kerncentrales in Borssele en Doel komen te liggen; binnen 20 km: jodium-predistributie voor iedereen t/m 40 jaar; binnen 100 km: jodium-distributieplan opstellen, d.w.z. zorgen voor tijdige beschikbaarheid van voldoende jodiumtabletten voor kinderen tot 18 jaar en zwangere vrouwen; tevens opstellen van een meetstrategie om bodembesmetting vast te stellen; in geheel Nederland: voorbereiding van indirecte maatregelen ter bescherming van de voedselketen, zoals landbouwmaatregelen.”²⁴³

Deze visie van de regering roept de vraag op waarom de regering kernenergie toelaatbaar acht.

Net over de grens bij Emmen ligt bij Lingen de kerncentrale Emsland. Het

Rampbestrijdingsplan voor de regio Groningen was begin april 2015 nog in ontwikkeling, stelde de Veiligheidsregio Groningen, het samenwerkingsverband van de hulpdiensten.²⁴⁴ Wel geeft de Veiligheidsregio de volgende adviezen bij een kernongeval: “Kom je van buiten, doe je kleding dan in een aparte vuilniszak (de gevaarlijke stoffen zijn mogelijk in je kleren getrokken). Spoel jezelf daarna goed af. Laat andere mensen en huisdieren zich ook eerst afspoelen wanneer zij van buiten komen. Raak ze tot zij zijn afgespoeld niet aan. Drink geen kraanwater of regenwater (ook hier kunnen gevaarlijke stoffen in terecht zijn gekomen). Bedek alle etenswaren om te voorkomen dat er stof op komt. Schil fruit en groente voor het eten of maak het goed schoon. Haal geen bladgroenten en fruit uit de tuin.”²⁴⁵

Vragen bij veiligheid ontwerp

Daar komen nog principiële problemen in het ontwerp bij. Areva wil kerncentrales bouwen in de VS. De Amerikaanse overheidscommissie voor Nucleaire Regelgeving (NRC) heeft vragen bij het ontwerp van de EPR, bleek op 26 juli 2010. Het gaat vooral om het goed functioneren van de veiligheidssystemen. Ook moeten de veiligheidssystemen onafhankelijk van elkaar werken. En dat is nu niet het geval. Daarom wil Areva veranderingen aanbrengen in deze systemen, zodat ze minder ingewikkeld worden en onafhankelijk van elkaar.²⁴⁶ In maart 2011 zou Areva hiervoor concrete voorstellen doen, maar of dat is gebeurd, is onbekend.^{247 248} En of die veranderingen

nog toegepast kunnen worden in de kerncentrales die Areva nu al bouwt in Finland en Frankrijk is onduidelijk. Al met al is de EPR in grote economische en technische problemen gekomen.²⁴⁹

Ook bleek in juli 2011 dat de EPR minder noodstroomvoorzieningen heeft dan de Konvooi-kerncentrale, de Duitse centrale waar de EPR op heeft voortgebouwd. Een voorbeeld: het ontwerp van de EPR gaat ervan uit dat na een ongeluk altijd binnen 24 uur de stroomvoorziening hersteld is. Maar bij Fukushima duurde dat 11 dagen.²⁵⁰

Er zijn ook vragen bij de veiligheid van de Amerikaanse reactor AP 1000 van Westinghouse. Bij een ongeval kan 1000 keer meer radioactiviteit vrijkomen dan toegestaan is, zei Arnold Gunderson, van Fairewinds Associates op 10 januari 2011 bij de publicatie van een rapport over de AP 1000.²⁵¹

Met de nieuwe kerncentrales wordt een groot ongeluk dus niet uitgesloten, kunnen we concluderen. Daarmee blijft kernenergie een groot risico.

Eemshaven blijft op lijst kerncentrales

De Eemshaven komt nog steeds in aanmerking voor de bouw van kerncentrales. Dat heeft minister Kamp van Economische Zaken op 16 april 2013 aan Gedeputeerde Staten laten weten.²⁵² Hij herhaalde dat op 29 april 2015 in antwoord op vragen van de PvdA-fractie in de Tweede Kamer.²⁵³

Op 7 november 2012 stemden de meeste partijen van Provinciale Staten van Groningen in met een motie van D66, PvdA, Groenlinks en de VVD, waarin Gedeputeerde Staten wordt gevraagd om bij de minister van Economische Zaken aan te dringen op het schrappen van de Eemshaven als mogelijke locatie voor een kerncentrale.²⁵⁴ De regering wil dit niet. Een korte terugblik op deze al jaren slepende kwestie.

Begin jaren tachtig hadden we de brede maatschappelijke discussie over kernenergie. Resultaat: de meerderheid van de bevolking wilde geen nieuwe kerncentrales. De regering zag het anders en besloot in januari 1985 tot de start van de Planologische Kernbeslissing (PKB) Vestigingsplaatsen voor kerncentrales²⁵⁵. Dat leverde rumoerige inspraakbijeenkomsten op. In januari 1986 volgde het regeringsbesluit, de PKB Vestigingsplaatsen voor kerncentrales deel d²⁵⁶.

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)

Op 13 maart 2009 verscheen het Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEV III) onder verantwoordelijkheid van de minister Van der Hoeven (CDA) en Cramer (PvdA). In het SEV III gaat het ook om het 'waarborgingsbeleid kernenergie' waarin de 5 locaties zijn opgenomen voor een mogelijke kerncentrale: Moerdijk, Westelijke Noordoostpolderdijk, Maasvlakte, Eems en Borssele. De regering stelt: Alleen op de Maasvlakte kan 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) zijn er kleine kansen op ongelukken met grote gevolgen.

Na inspraak kwam de regering in 2010 tot een beslissing. Vanwege de boven genoemde zone van vijf kilometer, valt de Moerdijk af omdat er teveel mensen wonen; de Westelijke Noordoostpolderdijk valt af omdat bij een ernstig ongeluk "de strategische drinkwatervoorraad in het IJsselmeer radioactief kan worden verontreinigd". Blijven dus over: Eemshaven, Maasvlakte en Borssele.²⁵⁷

Het waarborgingsbeleid komt er dus op neer dat de regering wil voorkomen dat vooral binnen een straal van vijf kilometer nieuwe fabrieken met veel werknemers of grote wooncomplexen (bv bejaardenflats) of recreatiegebieden worden aangelegd. En dit beleid is nog steeds van kracht. De regering houdt de mogelijkheid van kernenergie aan de Eemshaven nog steeds open.

18. Kernenergie een onverzekerd risico

De verzekeringsmaatschappijen weigeren de schade te dekken die mensen kunnen oplopen door

een ongeluk met een kerncentrale. Blijkbaar vinden ze kernenergie een te groot risico en te onveilig.

Wie de kleine lettertjes van de schadeverzekering bestudeert, komt ook een paragraaf tegen over schade die niet gedekt wordt. Behalve 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.²⁵⁸

Om schade door kernenergie vergoed te krijgen moet je je wenden tot de eigenaren van de kerninstallaties. Maar bij grote ongelukken zul je daar bot vangen. De exploitanten van kerninstallaties hoeven zich maar beperkt te verzekeren tegen de schade die anderen ervan ondervinden. Dat is geregeld in internationale verdragen.

De wettelijke aansprakelijkheid van de exploitanten van kerncentrales is beperkt bij de Verdragen van Parijs (1960) en Brussel (1963). Deze verdragen liggen ten grondslag aan de Nederlandse Wet Aansprakelijkheid Kernongevallen (WAKO).

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." In maart 2003 stelde Juhani Santaholma van de Finse Energie-industrie Commissie dat onbeperkte aansprakelijkheid zal leiden tot het faillissement van de exploitant van de kerncentrale, wanneer zich een ongeluk voordoet. Hij zei dit vanwege de plannen om in Finland een nieuwe kerncentrale te bouwen.²⁵⁹

De wet aansprakelijkheid kernongevallen beschermt dus vooral de kernindustrie. De kernindustrie is voor de Europese Commissie en de Nederlandse regering een belangrijker waarde dan de bevolking en het milieu.

Beperkte dekking

Nederland heeft in 1989 de wet aansprakelijkheid kernongevallen herzien. De maximale aansprakelijkheid voor de exploitant van een nucleaire installatie bedroeg toen 400 miljoen gulden (zo'n 180 miljoen euro) en de staat zorgt voor een aanvullende dekking tot 2 miljard gulden (ruim 900 miljoen euro). Dat bedrag voor de exploitant is later opgehoogd naar 340 miljoen.²⁶⁰

In het nieuwste voorstel tot wijziging van de WAKO van juli 2007 is het schadebedrag waarvoor de exploitant van een kerncentrale zich maximaal moet verzekeren opgehoogd van 340 miljoen tot 750 miljoen euro. Het bedrag van de schade die boven deze 750 miljoen uitgaat (en dat de staat zal betalen) is verhoogd naar 3,2 miljard euro per kerncentrale. Uit de Memorie van Toelichting blijkt dat het ministerie van Financiën een reservering van ruim 14 miljard euro op de balans heeft staan voor de zeven installaties die onder WAKO vallen. In de Memorie wordt bij artikel 18 opgemerkt "dat hiermee uitdrukkelijk niet bedoeld is de indruk te wekken dat met het gekozen bedrag (3,2 miljard per installatie, H.D.) alle financiële gevolgen van een ernstig kernongeval kunnen worden vergoed. Een dergelijke schade zal immers vele malen groter kunnen zijn."²⁶¹ Op 31 augustus 2012 is het maximale door de exploitant te vergoeden bedrag verhoogd naar 1,2 miljard euro. De rest komt nog steeds voor rekening van de overheid.²⁶²

Ter vergelijking. De schade van het ongeluk te Tsjernobyl in 1986 is zeker 300 miljard dollar (210 miljard euro, afhankelijk van de gebruikte wisselkoers).²⁶³ Analisten van Bank of America Merrill Lynch hebben op 31 maart 2011 een voorlopige berekening gepubliceerd van de schade van het ongeluk met de kerncentrales te Fukushima: 133 miljard dollar (94 miljard euro).²⁶⁴ In 2012 werd een bedrag genoemd van 186 miljard euro.²⁶⁵ Dat werd aangepast tot 11 triljoen yen (76 miljard euro) in augustus 2014.²⁶⁶

Een ongeluk met een nieuw te bouwen kerncentrale in Nederland waarbij een tiende vrijkomt van de radioactieve stoffen die bij het Tsjernobyl-ongeluk zijn geloosd, geeft volgens de Nederlandse regering een schade van 17 tot 30 miljard gulden (7,2 tot 13,6 miljard euro).²⁶⁷ Hieruit volgt dat een groot deel van de schade niet gedekt is.

Maar als kerncentrales veilig zijn, zoals de voorstanders van kernenergie graag zeggen, waarom moet de aansprakelijkheid dan beperkt worden? Dus óf de kerncentrales zijn veilig en de aansprakelijkheid is onbeperkt, óf ze zijn onveilig en dan moeten we die kerncentrales niet bouwen.

19. Kernenergie is duur

Inleiding

Met kernenergie is iets merkwaardigs aan de hand. Bij veel producten (radio, tv, computer) zien we dat de prijs naar beneden gaat in de loop van de tijd. Bij kernenergie is dat niet het geval. Sinds 1970 zijn de investeringskosten per kilowatt in de Verenigde Staten met een factor vijf en in Frankrijk met een factor drie gestegen.^{268 269} Kernenergie wordt dus niet goedkoper, maar juist duurder. Ook na veertig jaar ervaring met bouw en bedrijf kunnen kerncentrales in de Europese Unie nog niet zonder overheidssubsidie gebouwd worden, bleek uit een rapport van 14 februari 2014 van Foratom, de stem van de Europese kernindustrie.²⁷⁰ Op 12 november 2014 publiceerde het International Energy Agency (IEA) de World Energy Outlook 2014. Daarin staat dat de groei van kernenergie zich beperkt tot markten waar de elektriciteitsvoorziening gaat via gereguleerde prijzen en waar elektriciteitsbedrijven garanties krijgen van de overheid of waar regeringen private investeringen mogelijk maken; China, India, Zuid-Korea en Rusland zorgen samen voor 75% van de toename van het aantal kerncentrales tot 2040.²⁷¹ Zo heeft de Russische regering tussen 2011 en 2013 voor de bouw van kerncentrales een subsidie gegeven van 184.8 miljard roebel (2.85 miljard dollar).²⁷² Het Zweedse elektriciteitsbedrijf Vattenfall heeft eind april 2015 besloten om de kerncentrales Ringhals 1 en 2 te sluiten in 2018 en 2020 in plaats van in 2025. De redenen zijn de afnemende winstgevendheid en de stijgende kosten.²⁷³

In *Nederland* is de bouw van een tweede kerncentrale bij Borssele geschrapt. Interim-directeur Frank Verhagen van het energiebedrijf Delta stelde op 12 april 2012: ‘‘De in januari 2012 in de ijskast gezette plannen voor Borssele 2 komen er waarschijnlijk de komende jaren niet meer uit. De Nederlandse energiemarkt kampt met flinke overcapaciteit. En die neemt nog toe. Een miljardeninvestering als een kerncentrale is dus niet verantwoord, zeker niet voor een relatief klein bedrijf als Delta’’.^{274 275}

In de *Verenigde Staten* was het plan dat er in het jaar 2000 zo’n 1200 kerncentrales in bedrijf zouden zijn. Maar het zijn er nu 104. De Union of Concerned Scientists (UCS) heeft in februari 2011 het rapport ‘‘Nuclear Power: Still Not Viable Without Subsidies’’ uitgebracht. Daarin staat dat de overheid al 50 jaar lang allerlei omvangrijke subsidies verstrekt aan de kernindustrie. ‘‘Zonder die subsidies zouden de meeste van die 104 kerncentrales niet gebouwd zijn.’’²⁷⁶

De regering Obama heeft herhaaldelijk een miljardensteun voor de bouw van kerncentrales aangekondigd.²⁷⁷ Volgens Ellen Vancko, manager van het Nuclear Energy and Climate Change Project van UCS, is dit geldverspilling. Dat blijkt ook uit het rapport ‘‘Updated Capital Cost Estimates for Electricity Generation Plants,’’ van november 2010. Dit rapport is gemaakt in opdracht van de Amerikaanse overheidsinstantie Energy Information Agency (EIA). In dit rapport staat dat de bouwkosten van kerncentrales alleen al in het jaar 2010 met 37% gestegen zijn, die van gascentrales gelijk zijn gebleven en van zonne-energie met 25% gedaald zijn.²⁷⁸

In 2007 vroegen de energiebedrijven Constellation Energy en het Franse EDF een vergunning aan voor Calvert Cliffs-3, een EPR-kerncentrale (European Pressurizedwater Reactor) die gebouwd zou worden door de Franse reactorbouwer Areva. Dat was het eerste bouwplan in de

VS in 30 jaar. Calvert Cliffs-3 werd het vlaggenschip van de nucleaire renaissance in de VS genoemd. In oktober 2010 stapte Constellation Energy uit de bouw van de kerncentrale Calvert Cliffs-3, waardoor EDF als enige partner overbleef in de onderneming die de naam Unistar Nuclear Energy kreeg.²⁷⁹ EDF heeft begin maart 2011 de staat Maryland om financiële steun gevraagd, omdat de bouw van Calvert Cliffs-3 op dit moment niet winstgevend (“unprofitable”) is.²⁸⁰ Unistar Nuclear Energy en Areva hebben de US Nuclear Regulatory Commission (NRC) op 25 februari 2015 gevraagd om de bouwplannen en de vergunningprocedure op te schorten omdat de markt voor nieuwe kerncentrales in de VS zich niet zo snel ontwikkelt als aanvankelijk gedacht. Vanaf 2007 werden vier locaties genoemd voor de bouw van een EPR, maar de bouwplannen zijn nu overal opgeschort.²⁸¹

Op 15 augustus 2011 noemde John Rowe, directeur van Exelon, de vooruitzichten voor de bouw van nieuwe kerncentrales om economische redenen “miserabel slecht”. De komende tien tot twintig jaar is kernenergie volgens Rowe duurder dan elektriciteit uit gas. Exelon heeft in de VS 17 kerncentrales in bedrijf en is daarmee de grootste producent van kernstroom.²⁸² In mei 2014 bleken de kerncentrales Byron (2 eenheden), Quad Cities (2 eenheden) en Oyster Creek niet in aanmerking te komen voor een vergoeding voor stroomlevering aan het net, zodat Exelon vreest dat ze moeten sluiten.²⁸³

In mei 2013 sloot de kerncentrale Dominion’s Kewaunee (574 Megawatt) om economische redenen en Chris Crane, de nieuwe CEO van Exelon, waarschuwde in februari 2014 dat enkele kerncentrales gesloten zouden moeten worden omdat ze niet winstgevend zijn.²⁸⁴ Eind 2014 ging Vermont Yankee dicht en Marvin Fertel, president van het Amerikaanse Nuclear Energy Institute, stelde op 14 februari 2014 dat het daar niet bij zou blijven.²⁸⁵ Van de 31 geplande nieuwe kerncentrales waarvan in 2009 sprake was, worden er nu vier gebouwd met subsidie van de overheid.²⁸⁶ De Amerikaanse regering heeft in februari 2014 een garantie afgegeven van 6,5 miljard dollar (4,7 miljard euro) voor de bouw van de AP1000 kerncentrales Vogtle 3 en 4 in Georgia.²⁸⁷ In januari 2015 deelden de exploitanten Georgia Power en Southern Company mee dat de bouw 18 maanden vertraging oploopt; Vogtle 3 komt nu medio 2019 in bedrijf en eenheid 4 medio 2020.²⁸⁸ De financiële gevolgen zijn niet openbaar.

De bouw van de kerncentrales Summer-2 en -3 in de Verenigde Staten loopt minstens een jaar vertraging op. Het gaat om twee kerncentrales van elk 1117 Megawatt naar een ontwerp van Westinghouse, de AP 1000. Het bedrijf Chicago Bridge & Iron (CB&I) in Lake Charles in de staat Louisiana zorgt voor de meeste componenten van de centrale en heeft meegedeeld dat 46 van de 146 belangrijkste onderdelen niet op tijd klaar zijn. De bouw begon in 2012 en de verwachting was toen dat de twee kerncentrales in 2016 respectievelijk 2019 in bedrijf zouden komen. De exploitant South Carolina Electric & Gas (SCE&G) ging er in 2014 van uit dat eenheid-2 eind 2018 of begin 2019 gereed is en eenheid-3 een jaar later. De economische gevolgen daarvan waren een kostenstijging van 9,8 miljard dollar naar 11 miljard dollar, een toename met 1,2 miljard dollar.²⁸⁹ South Carolina Electric & Gas (SCE&G) verwachtte op 16 maart 2015 dat de centrales in 2019 en in 2020 gereed zullen zijn, terwijl de bouwkosten nog eens stijgen met 1160 miljoen dollar.²⁹⁰

Westinghouse/CB&I bouwt ook twee AP1000 kerncentrales bij Vogtle in Georgia.²⁹¹ Om de bouw van een kerncentrale te financieren leent een elektriciteitsbedrijf geld waarover rente betaald moet worden. Om die rentekosten te omzeilen willen elektriciteitsbedrijven dat hun klanten tijdens de bouw een opslag op hun rekening betalen. Dan hoeft het elektriciteitsbedrijf geen geld meer te lenen en spaart aldus rentekosten uit.²⁹²

De bouw in *Finland* van de EPR-kerncentrale (European Pressurizedwater Reactor) van 1600 Megawatt, Olkiluoto-3, begon in 2005 en zou 3,2 miljard euro kosten. De centrale had in 2009

in bedrijf moeten komen, maar in 2011 schoof deze datum op naar 2016.²⁹³ Er werkten in 2014 mensen uit 57 landen, terwijl de handboeken slechts in 8 talen beschikbaar zijn.²⁹⁴ De reactorbouwer, het Franse Areva, vindt dat Finland de oorzaak is van de vertragingen. Daarom heeft Areva in oktober 2013 een claim ingediend van 2,7 miljard euro tegen de toekomstige eigenaar van de centrale, het Finse elektriciteitsbedrijf TVO. Omgekeerd eiste TVO toen 1,8 miljard euro van Areva omdat onderdelen te laat waren afgeleverd.²⁹⁵ Op 22 oktober 2014 heeft TVO die schadeclaim verhoogd naar 2,3 miljard euro.²⁹⁶ Areva bleef niet achter en verhoogde op 27 oktober de claim tegen TVO naar 3,5 miljard euro.²⁹⁷ Op 12 februari 2014 bracht TVO een persbericht uit. Daarin stelde TVO niet te kunnen aangeven wanneer de kerncentrale kan opstarten. TVO had hiervoor aan Areva een tijdsschema gevraagd, maar Areva had niet geantwoord volgens TVO.²⁹⁸ Luc Oursel, op dat moment de topman van Areva, stelde op 28 februari 2014 dat de centrale nu voor 86% gereed is en dat Areva er een verlies op lijdt van 3,85 miljard euro, terwijl de bouw van de centrale 8,5 miljard euro kost.²⁹⁹ Areva heeft op 1 september 2014 meegedeeld dat de bouw medio 2016 gereed is en de kerncentrale in 2018 in bedrijf zal komen, terwijl het bedrijf er 3,9 miljard euro verlies op zal lijden.³⁰⁰ Op 4 maart 2015 bleek dat Areva in het jaar 2014 een verlies van 720 miljoen euro heeft geleden op deze kerncentrale.³⁰¹

Frankrijk bouwt een EPR-centrale bij Flamanville, die volgens de aanvankelijke plannen in 2012 in bedrijf zou komen, maar dat is niet gelukt, het wordt nu 2017, een vertraging van vijf jaar.

De bouw begon in december 2007 en de kosten werden geschat op 4 miljard euro.³⁰² In juli 2010 bleek dat de centrale in 2014 gereed zou zijn en dat de kosten stegen van 5 miljard euro.^{303 304} ³⁰⁵ Op 21 juli 2011 herzag de exploitant Electricité de France (EDF) de organisatie voor de bouw van de centrale. Er zijn twee niet met name genoemde ongelukken geweest, waardoor de bouw in 2011 langere tijd heeft stilgelegen. De bouwkosten stegen naar 6 miljard euro.^{306 307} Eind december 2012 gingen de kosten met nog eens 2 miljard euro omhoog naar 8 miljard euro.³⁰⁸ In februari 2014 stegen de kosten naar 8,5 miljard euro; daarbij moeten we er rekening mee houden dat EDF staatseigendom is en daarom goedkoper geld kan lenen dan bedrijven die van de kapitaalmarkt afhankelijk zijn.³⁰⁹ Terwijl EDF begin 2014 nog verwachtte dat de kerncentrale in 2016 gereed zou zijn, werd dit in november 2014 opgeschoven naar 2017.^{310 311} De EPR in Finland verschilt overigens van die in Frankrijk: de kerncentrale in Finland is 1600 MW en Flamanville 1650 MW. Dit samen met verschillende eisen van de verschillende landen, maakt dat het centrale deel van deze EPR-kerncentrales (nuclear island in het Engels) maar voor 50% hetzelfde is.³¹² De EPR is dus geen standaard-kerncentrale.

De regering van *Groot-Brittannië* heeft in 2008 plannen aangekondigd voor de bouw van zo'n tien kerncentrales. Charles Hendry, de minister van Energie en Klimaat van de huidige Conservatieve-Liberale regering, heeft op 13 juli 2010 laten weten geen overheidssubsidie voor kernenergie beschikbaar te stellen.³¹³ Daarop stelden de Duitse bedrijven RWE en E.On dat ze voor de geplande bouw van kerncentrales in Engeland wel subsidie nodig hebben.³¹⁴ Op 6 juli 2011 stelde Peter Atherton, hoofd van de afdeling van Citigroup die investeringen in elektriciteit beoordeelt, dat de marktpartijen niet zullen investeren in kernenergie in Groot-Brittannië, tenzij de regering een aanzienlijk deel van het investeringsrisico wil dragen: "Zoals het nu is, is investeren in kerncentrales geen optie. De kapitaalkosten zijn gewoon te hoog om je een aanvaardbare elektriciteitsprijs te geven."³¹⁵

Daarop ging de regering in onderhandeling met het Franse elektriciteitsbedrijf EDF. In oktober 2013 leidde dit tot een garantieregeling voor de elektriciteit uit de nieuw te bouwen kerncentrale Hinkley Point C (twee EPR-centrales van elk 1600 Megawatt), die per stuk 8 miljard pond (9,7 miljard euro) kosten.³¹⁶ EDF krijgt gedurende 35 jaar de garantie voor een bepaald

minimumbedrag voor de elektriciteit die de kerncentrale levert. De Europese Commissie onderzoekt of hierbij sprake is van oneerlijke subsidie en heeft daarover in december 2013 een voor Engeland kritisch rapport geschreven, namelijk dat er waarschijnlijk sprake is van ongeoorloofde staatssteun.^{317 318 319 320 321} In oktober 2014 stemde de Europese Commissie toch in met de miljardensubsidie voor Hinkley Point C.³²² Van de 28 leden van de Commissie waren er 16 voor, 5 tegen, bij één onthouding, terwijl er 6 lezers afwezig waren.

Volgens vertrekkend commissaris Almunia is er sprake van marktfalen in de energiesector en kan de kerncentrale niet zonder staatssteun worden gebouwd. Volgens Almunia kost één kerncentrale inclusief bouwrente en inflatie niet 8 miljard maar 17 miljard pond, in totaal dus 34 miljard pond (29,1 miljard euro).^{323 324}

De garantie geldt voor 35 jaar en het gaat om een bedrag dat twee keer zo hoog is als de Engelse huishoudens nu betalen. Deze prijs wordt volledig gecorrigeerd voor inflatie. Als de overheid via wetgeving bijvoorbeeld zou besluiten de kerncentrales vroegtijdig te sluiten, moet er een schadevergoeding betaald worden aan EDF.^{325 326} Volgens Greenpeace kan de subsidie oplopen tot 20 miljard euro, temeer daar het onduidelijk is of en hoeveel er betaald wordt voor de berging van radioactief afval.³²⁷

In oktober 2013 besloten China General Nuclear Power Corp en China National Nuclear Corp deel te nemen aan deze centrale. In februari 2015 bleek dat deze Chinese ondernemingen een garantie willen van de Franse regering dat ze geen verlies zullen lijden op Hinkley Point C en dat de Franse regering garandeert dat ze het geïnvesteerde geld terug krijgen als Areva failliet zou gaan. Daarom wordt het besluit om te gaan bouwen uitgesteld tot de herfst van 2015.³²⁸

EDF Energy kondigde begin april 2015 aan te stoppen met voorbereidend werk en 400 mensen te ontslaan. Het werk gaat weer door als er een investeringsbeslissing is genomen. Het tijdstip daarvan is nog onbekend.³²⁹

Hinkley Point C is duurder dan de EPR-kerncentrales in aanbouw in Finland en Frankrijk. Het idee vanuit de kernindustrie dat een kerncentrale goedkoper wordt naarmate er meer gebouwd worden, geldt niet voor Hinkley Point C, stelde Henri Proglia, de directeur van EDF, recentelijk.³³⁰

20. Andere kernenergiecentrales: thorium en kernfusie

Thorium

Met enige regelmaat komt er een pleidooi om over te stappen op kerncentrales die draaien op thorium in plaats van uranium.³³¹ De bewering is dat thorium overvloedig aanwezig is en hele goedkope elektriciteit levert.

De afgelopen 50 jaar is er in verschillende landen onderzoek geweest naar kerncentrales op basis van thorium en zijn er verschillende proefcentrales een aantal jaren in bedrijf geweest.³³²

In 1980 stelde het IAEA dat kort na het jaar 2000 een thoriumcentrale op de markt te koop zou zijn.³³³ Dat is echter niet het geval. Nog steeds is er veel onderzoek en ontwikkeling nodig en het is onduidelijk of en wanneer een thoriumcentrale te koop is terwijl er ook vraagtekens bij de veiligheid van thorium-reactoren gezet kunnen worden.^{334 335 336 337}

Minister Kamp van Economische Zaken schreef op 12 juni 2014 aan de Tweede Kamer dat er “tot op heden geen infrastructuur is voor het op grote schaal produceren van thorium als brandstof. Er is al vele jaren ervaring met de hele cyclus voor het gebruik van uraniumsplijtstof, van mijnbouw tot afvalverwerking. Bij een overstap naar thorium zou deze cyclus anders moeten worden ingericht. Zo komt er bij het opwerken (het chemisch scheiden van de nog bruikbare splijtstof van het radioactieve afval) meer straling vrij dan bij de cyclus voor uraniumsplijtstof. Gezien deze nadelen acht ik het onwaarschijnlijk dat thorium op korte termijn ingezet kan worden voor energieproductie.”³³⁸

Kernfusie

Kernfusie is een proces waarbij door samensmelting van lichte atomen een zwaarder atoom ontstaat. Hiervoor is een temperatuur van 100 miljoen graden nodig. De atomen vormen dan een zogeheten plasma. De samensmelting geeft energie die omgezet moet worden in elektriciteit. Geen enkel materiaal is bestand tegen deze hoge temperatuur. Het hete plasma moet derhalve van de stoffelijke wanden worden afgehouden. Dit kan met magnetische velden in een ringvormige buis met daaromheen nog extra magneetspoelen. Dit opsluitsysteem heet Tokamak, een ontwerp van de Sovjet-Unie. Tok is het Russische woord voor stroom.

Nadat een aantal landen proeven had genomen, besloten ze samen te werken in de ITER, de Internationale Thermonucleaire Experimentele Reactor. Dit is wereldwijd de enige kernfusiereactor in aanbouw in het Franse Cadarache. In de ITER nemen deel: de Europese Unie, China, India, Japan, Zuid-Korea, de Russische Federatie en de Verenigde Staten. Het eerste beton is in december 2013 gestort en dat was eind augustus 2014 gered. Vanaf 2020 beginnen de experimenten met waterstof. De realistische proeven met deuterium en tritium beginnen vanaf 2027. ITER moet aantonen dat het mogelijk is om op industriële schaal fusie-energie op te wekken: een vermogen van 500 Megawatt thermisch, zeven minuten aan één stuk. Er wordt echter geen elektriciteit opgewekt.³³⁹

De opvolger van ITER, DEMO, zal een prototype elektriciteitscentrale van 1000 Megawatt worden die, als alles voorspoedig verloopt, over 20 jaar elektriciteit aan het net kan leveren.³⁴⁰ Pas daarna is er een fusiereactor te koop op de markt.

Volgens het Amerikaanse bedrijf Lockheed Martin's Skunk Works kan al over tien jaar een kernfusiereactor die over tien jaar in bedrijf kan komen, zo bleek eind oktober 2014. Het gaat om de Compacte Fusie Reactor (CFR) die volgens Lockheed Martin veel voordelen heeft boven de bestaande ontwerpen van fusiereactoren als de ITER. Prof. dr. Marco de Baar, hoofd fusieonderzoek bij het Nederlandse instituut voor energieonderzoek DIFFER, is hier niet overtuigd: "Lockheed Martin combineert twee opsluitconcepten die decennia geleden zijn geprobeerd en mislukt. Het ontwerp lijkt niet berekend op de complexiteit die de echte fusiebrandstof met zich meebrengt; is niet bestand tegen turbulentie in het plasma of materiaalschade door snelle neutronen; ook is het onduidelijk hoe ze de fusiebrandstof tritium willen kweken in dit compacte ontwerp."³⁴¹

Conclusie

Het duurt nog lange tijd (als het al ooit gebeurt) voordat zowel de thorium- als de kernfusiereactor op de markt te koop zijn en – zo Nederland dat zou willen – een alternatief kunnen zijn voor aardgas. Maar er zijn nu alternatieven beschikbaar als zonne- en windenergie en die moeten we benutten in plaats van jaren te wachten op thoriumcentrales of kernfusiereactoren. Daarom bespreken we deze verder niet.

¹ COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, Brussels, 28 juni 2011, Interinstitutional File: 2010/0306 (NLE) 11428/1/11 REV 1 COR 1; COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, Brussels, 15 juni 2011, Interinstitutional File: 2010/0306 (NLE), 11428/11, ATO 64, ENV 519.

- ² www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/trans/123937.pdf;
<http://register.consilium.europa.eu/pdf/en/11/st12/st12142.en11.pdf>.
- ³ <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/kernenergie/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2012/12/14/nota-van-toelichting-bij-ontwerpbesluit-tot-implementatie-richtlijn-2011-70-euratom.html>
- ⁴ <http://www.laka.org/nieuws/2013/national-programma-radioactief-afval-dweilen-met-de-kraan-open-1904/>, 14 augustus 2013.
- ⁵ <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/kernenergie/documenten-en-publicaties/publicaties/2013/10/02/kennisgeving-projectplan-verkennende-studie-naar-de-lange-termijn-beheeropties-voor-radioactief-afval-en-verbruikte-splijtstoffen.html>, 8 oktober 2013.
- ⁶ <http://www.wisenederland.nl/kernenergie/dossier-kernafval-nederland>.
- ⁷ <http://www.co2ntramine.nl/zienswijze-op-nationaal-programma-berging-radioactief-afval/>, 27 oktober 2013.
- ⁸ <http://api.commissiener.nl/docs/mer/p28/p2842/a2842rd.pdf>, 10 april 2014.
- ⁹ E-mail Inspraakpunt Nationaal Programma aan Herman Damveld, dd. 16 april 2014.
- ¹⁰ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-25422-119.pdf>, Tweede Kamer, vergaderjaar 2014–2015, 25 422, nr. 119.
- ¹¹ http://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2015Z08318&did=2015D16894, 1 mei 2015.
- ¹² Leeuwarder Courant, Friesland kandidaat berging kernafval, 11 juli 2014: <http://www.lc.nl/friesland/friesland-kandidaat-berging-kernafval-17367503.html#.U8zLyvGKB1s>.
- ¹³ Report on geological and geohydrological characterization of the Boom Clay and its overburden, maart 2014; <http://www.covra.nl/cms-file/get/iFileId/2785>.
- ¹⁴ <http://www.laka.org/nieuws/2013/lange-termijn-beheeropties-radioactief-afval-1940/>.
- ¹⁵ Voor een gedetailleerde bespreking zie: <http://www.nirs.org/reactorwatch/accidents/Fukushimafactsheet.pdf>; http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_the_Fukushima_nuclear_accidents.
- ¹⁶ <http://www.enerwebwatch.eu/webwatch.php?page=EarthQuake>
- ¹⁷ <http://groengroningen.nl/images/Kernenergie/kainbew.pdf>, februari 2011.
- ¹⁸ http://somo.nl/publications-en/Publication_3629/view?set_language=en, 1 maart 2011.
- ¹⁹ "Uranium Mining Issues: 2010 review", in: Nuclear Monitor, 21 januari 2011, No 722, p 2 – 8.
- ²⁰ <http://groengroningen.nl/images/Kernenergie/kainbew.pdf>, februari 2011.
- ²¹ Zienswijze van 24 juni 2008 van de gezamenlijke Milieufederaties over Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening.
- ²² The news remained discreetly buried in the depths of the site of the French Nuclear Safety Authority (ASN): Following recent studies, EDF has just "discovered" a disturbing "anomaly" standard on 34 of its reactors. In all reactors of 900 MW in case of major leakage from the primary circuit, the water injection safety circuit may be unable to prevent the meltdown of the reactor core, Press Release / Sortir du nucléaire / Our press release from 11/02/2011.
- ²³ Voor een gedetailleerde bespreking zie: "Chernobyl; Chronology of a Disaster", in: Nuclear Monitor, maart 2011, No. 724, p 1 -18.
- ²⁴ <http://www.climatesceptics.org/ines-level/table>
- ²⁵ WISE/NIRS, Nuclear Monitor, 28 augustus 2008, 25 september 2008, 17 september 2009 en 11 december 2009.
- ²⁶ Mycle Schneider et. al., "The World Nuclear Industry Status Report 2009", Commissioned by German Federal Ministry of Environment, Nature Conservation and Reactor Safety, Paris, augustus 2009.
- ²⁷ <http://www.tegenstroom.nl/node/958>
- ²⁸ http://oekonews.at/index.php?mdoc_id=1057207, 20 maart 2011.
- ²⁹ http://www.delta.nl/over_DELTA/perscentrum/nieuwsarchief/nieuwsberichten_2009/DELTA_start_procedure_vergunningaanvraag_2de_kerncentrale/, 25 juni 2009.
- ³⁰ http://www.delta.nl/over_DELTA/perscentrum/nieuwsarchief/nieuwsberichten_2012/DELTA_stelt_besluit_enkele_jaren_uit_voorlopig_geen_tweede_kerncentrale_in_Borssele/, 23 januari 2012.
- ³¹ <http://www.co2ntramine.nl/ministerie-economische-zaken-vertelt-niet-de-waarheid-over-de-gaswinning/>, 17 januari 2014; <http://www.co2ntramine.nl/leren-leven-met-aardbevingen/>, 27 januari 2014.
- ³² <http://www.nrc.nl/nieuws/2014/01/25/samsom-we-hebben-nu-een-alternatief-voor-aardgas-nodig/>, 25 januari 2014.
- ³³ <http://www.co2ntramine.nl/aardgaswinning-en-aardbevingen-tientallen-rapporten-samengevat/>, 10 april 2015.
- ³⁴ Technisch Weekblad, 1 augustus 2014, p. 9.
- ³⁵ <http://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/201407msc-worldnuclearreport2014-hr-v1.pdf>, p 6.
- ³⁶ IAEA, "Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2005", Reference Data Series No. 1, juli 1989 Edition.

³⁷. Eind 1988 waren er wereldwijd 429 kerncentrales in bedrijf en 105 in aanbouw. Tussen 1987 en eind 1997 zijn wereldwijd 18 nieuwe kerncentrales in bedrijf gekomen. Eind 1994 bedroeg het aantal kerncentrales 432, met een vermogen van 340 Gigawatt (GW; 1 GW=1000Megawatt (MW); 1 MW=1000 kiloWatt), eind 1995 437 (en 343 GW) eind 1996 442 (met 350 GW). In januari 1998 waren er 428 kerncentrales met een vermogen van 344 GW in bedrijf (en 30 kerncentrales in aanbouw). In januari 2010 ging het om 436 kerncentrales met een vermogen van 372 GW. In juli 2014 waren er 67 kerncentrales in aanbouw, waarvan 8 al meer dan 20 jaar , terwijl er 49 te kampen hebben met vertragingen in de bouw; van die 67 zijn er 43 in aanbouw in drie landen, China, India en Rusland (<http://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/201407msc-worldnuclearreport2014-hr-v1.pdf>, p 7).

³⁸ http://www.world-nuclear-news.org/NN_Two_up_two_down_0401101.html, 4 januari 2010.

³⁹ <http://www.iaea.org/programmes/a2/>.

⁴⁰ <http://www.iaea.org/programmes/a2/>.

⁴¹ http://www.nzz.ch/nachrichten/politik/international/atomdebatte_bundestag_1.11117362.html .

⁴² http://www.welt.de/print/welt_kompakt/print_politik/article13520650/Atomausstieg-nimmt-letzte-Huerde.html, 1 augustus 2011.

⁴³ <http://www.iaea.org/pris/>, juli 2014.

⁴⁴ <http://www.world-nuclear-news.org/NP-Nuclear-generating-capacity-rises-in-2014-0501154.html>, 5 januari 2015: begin 2015 waren er 436 kerncentrales in bedrijf met een vermogen van 377.700 MW. De bouw van drie kerncentrales begon, zodat er nu 70 in aanbouw zijn met een capaciteit van 74.000 MW.

⁴⁵ <http://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/201407msc-worldnuclearreport2014-hr-v1.pdf>, 29 juli 2014.

⁴⁶ <http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/7E4AB783-ABB3-4747-88BA-AF3E66A7ACF1/0/2013c89pub.pdf>, augustus 2013.

⁴⁷ <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0054-Energieverbruik-per-energie drager.html?i=6-40>.

⁴⁸ <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/industrie-energie/publicaties/artikelen/archief/2015/elektriciteitsverbruik-16-keer-hoger-dan-in-1950.htm>, 9 februari 2015.

⁴⁹ <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/>

⁵⁰ <http://www.co2ntramine.nl/wp-content/uploads/2013/05/Basiskennis-aardgas-mei-2013-co2ntramine-Herman-Damveld.pdf>, 28 mei 2013.

⁵¹ [http://www.energiefeiten.nl/#Energie-inhoud van enkele brandstoffen](http://www.energiefeiten.nl/#Energie-inhoud%20van%20enkele%20brandstoffen).

⁵² <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/industrie-energie/publicaties/artikelen/archief/2015/elektriciteitsproductie-vooral-toegenomen-door-record-export.htm>, 23 april 2015.

⁵³ NEA, Technology Roadmap Nuclear Energy, Paris, http://www.iaea.org/papers/2010/nuclear_roadmap.pdf, 16 June 2010.

⁵⁴ NEA, Technology Roadmap Nuclear Energy, Paris, http://www.iaea.org/papers/2010/nuclear_roadmap.pdf, 16 June 2010, p. 20.

⁵⁵ <http://www.guardian.co.uk/politics/2010/jul/22/lobbying-axeing-sheffield-forgemasters-loan>, 22 juli 2010.

⁵⁶ <http://www.iaea.org/Textbase/nppdf/stud/14/weo2014.pdf>, 12 november 2014, p. 388.

⁵⁷ 13% van het huidige opgestelde vermogen aan centrales in Nederland zijn warmte-krachtcentrales, zie: http://www.tennet.org/images/0403-35%20KCD%20man.samenvatting_100714def_tcm41-19221.pdf, p 5.

⁵⁸ Mudd, G M & Diesendorf, M, 2008, Sustainability of Uranium Mining : Towards Quantifying Resources and Eco-Efficiency. Environmental Science & Technology, 42 (7), pp 2624-2630, april 2008; bij een gascentrale gaat het om 448 gram CO₂ per kWh; gegevens uit uraniummijnen in Z-Afrika en Australië leren dat het om 47 tot 260 gram CO₂ per kWh gaat.

⁵⁹ Benjamin K. Sovacool concludeert uit een analyse uit 2008 van 103 rapporten over indirecte CO₂-emissies van kerncentrales, dat de uitstoot nu 66 gram CO₂ per kWh is:

http://www.nirs.org/climate/background/sovacool_nuclear_ghg.pdf.

⁶⁰ Jan Willem Storm van Leeuwen, Energy from Uranium, Oxford Research Group, juli 2006,

http://www.oxfordresearchgroup.org.uk/publications/briefing_papers/energy_security_and_uranium_reserves_security_energy_factsheet_4.

⁶¹ <http://www.peopleplanetprofit.be/beelden/oko-instituut.pdf>, maart 2007.

⁶² Tabel totale (directe en indirecte) CO₂-uitstoot per kilowattuur (gram/kWh)

brandstof	uitstoot
aardgas	448
steenkool	924
kolenvergassing	800
warmte kracht (gas)	300

Uit: Ir. Wouter Biesiot, "Kernenergie: Een Beoordeling van de Risico's van Nieuw te Bouwen en Bestaande Installaties", uitgave Interfacultaire Vakgroep Energie en Milieukunde van de Rijksuniversiteit Groningen, maart 1992.

⁶³ Herman Damveld et. al. "Atoomafval in beweging", uitgave Milieufederatie Groningen, 1982, p 7.

⁶⁴ Nota inzake het kernenergiebeleid, Tweede kamer zitting 1971-1972. 11 761 nr 2.

⁶⁵ In 1967 was de vraag naar uranium 6000 ton per jaar. Alle kerncentrales wereldwijd gebruiken vanaf 2000 jaarlijks bijna 70.000 ton uranium. We kunnen dan uitrekenen dat tot nu toe 2 miljoen ton uranium gebruikt is (zie ook Nuclear Energy Agency, "Uranium 2007: Resources, Production and Demand", Parijs, 3 juni 2008, p 74). Bij een gebruik van 430.000 ton uranium in het jaar 2000, zou er vanaf 1967 tot eind 2003 zo'n 7,7 miljoen ton uranium nodig zijn geweest. Vanaf het jaar 2004 tot en met 2014 nog eens 4,7 miljoen ton uranium. In totaal dus 12,4 miljoen ton uranium.

⁶⁶ Nuclear Energy Agency, "Uranium 2014: Resources, Production and Demand", Parijs, september 2014.

⁶⁷ <http://www.iaea.org/Textbase/nppdf/stud/14/weo2014.pdf>, 12 november 2014.

⁶⁸ <http://www.iaea.org/Textbase/nppdf/stud/14/weo2014.pdf>, 12 november 2014, p. 409 en 410.

⁶⁹ Volgens het IAEA was het totale energiegebruik in 2007, uitgedrukt in ExaJoule (EJ) 510 EJ, waarvan kernenergie 5,9%, dat is 30EJ. Voor 2030 verwacht het IAEA een wereldwijd energiegebruik van 826EJ, waarvan 39% elektriciteit ofwel 322EJ. Stel kernenergie zorgt voor 70% van het elektriciteitsgebruik in 2030, overeenkomend met 225EJ. Kernenergie gaat dan van 30EJ naar 225EJ, dat is 7,5 keer zoveel. Er is dan ook 7,5 zoveel uranium nodig in 2030, dwz. 525.000 ton in dat jaar. Bij benadering is gemiddeld tussen 2011 en 2030 jaarlijks zo'n 300.000 ton uranium nodig. Over 20 jaar is dat 6 miljoen ton.

⁷⁰ Zie onder meer WISE/NIRS; Nuclear Monitor 699, 11 December 2009.

⁷¹ http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/rds1-33_web.pdf, Energy, electricity and nuclear power estimates for the period up to 2050, 2013 Edition, tabel 5.

⁷² NEA, Technology Roadmap Nuclear Energy, Paris, http://www.iaea.org/papers/2010/nuclear_roadmap.pdf, 16 juni 2010.

⁷³ Volgens de NEA-roadmap neemt het aantal kerncentrales toe van 440 in 2010 naar 1200 in het jaar 2050. Bij benadering kunnen we dan uitrekenen dat er gemiddeld 820 kerncentrales in die 40 jaar in bedrijf zijn. Als de kans op een ernstig ongeluk eens in de miljoen jaar is, komt dat neer op een kans van bijna 4% op een ernstig ongeluk tot 2050. Omdat volgens een IAEA-rapport uit 2012 de kans 10 keer zo groot is als voor 2011 werd aangenomen, komen we op een kans van bijna 40%.

⁷⁴ http://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:44011505, oktober 2012.

⁷⁵ Tweede Kamer, vergaderjaar 2006-2007, stuk 30.000, nr. 42, 25 oktober 2006.

⁷⁶ <http://www.world-nuclear-news.org/ENF-Kazakhstan-tops-uranium-league-2701147.html>, 27 januari 2014.

⁷⁷ www.antenna.nl/wise/uranium.pdf, 23 juli 2011.

⁷⁸ <http://www.covra.nl/over-covra/organisatie>.

⁷⁹ Email Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef, Plaatsvervangend directeur COVRA aan Herman Damveld dd. 12 december 2014.

⁸⁰ <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2010/02/24/nota-naar-aanleiding-van-het-verslag.html>, 24 februari 2010, p. 3.

⁸¹ <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2010/02/24/nota-naar-aanleiding-van-het-verslag.html>, 24 februari 2010, p. 4.

⁸² <http://www.laka.org/nieuws/2012/06-opwerking.pdf>, 20 april 2012.

⁸³ R. Jansma, "Ontwikkelingen met betrekking tot eindverwerking van gebruikte splijtstof", NRG, Petten, 13 april 2005, p 22.

⁸⁴ Email Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef, Plaatsvervangend directeur COVRA aan Herman Damveld dd. 11 januari 2013.

⁸⁵ Email Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef, Plaatsvervangend directeur COVRA aan Herman Damveld dd. 11 januari 2013.

⁸⁶ <http://www.covra.nl/jaarrapport-2013>, pp. 56 en 57.

⁸⁷ Email Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef, Plaatsvervangend directeur COVRA aan Herman Damveld dd. 12 december 2014.

⁸⁸ Email Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef, Plaatsvervangend directeur COVRA aan Herman Damveld dd. 11 januari 2013.

⁸⁹ <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.

⁹⁰ Damveld Herman et.al. "Kernafval in zee of zout? Nee fout!", Greenpeace Amsterdam, 1994, p.14

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

-
- ⁹¹ Milieu-effect rapport (behorende bij de aanvraag tot wijziging van de Kew-vergunning van COVRA NV), COVRA, 1995, samenvatting p. 5 en 13.
- ⁹² <http://www.covra.nl/infocentrum/opera>, rapport CORA (Commissie Opberging Radioactief Afval, 1995-2001).
- ⁹³ Herman Damveld, “Touwtrekken om radioactief afval. 25 Jaar plannen maken voor opslag in zoutkoepels “ Groningen, 2001.
- ⁹⁴ Commissie Opberging te Land (OPLA), Onderzoek naar de geologische opberging van radioactief afval in Nederland. Eindrapport Aanvullend onderzoek van Fase 1 (1A), (1993).
- ⁹⁵ <http://www.greenpeace.nl/Global/nederland/image/2011/publicaties/TASurveyrapport.pdf>, 7 maart 2011.
- ⁹⁶ <http://www.wineenmegaton.nl/tussenstand>.
- ⁹⁷ Email Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef, Plaatsvervangend directeur COVRA aan Herman Damveld dd. 11 januari 2013, met de mededeling dat er in Nederland geen criteria zijn voor locatiekeuze van een eindberging en ook dat zich één –niet met name genoemde - gemeente heeft zich uitgesproken voor een eindberging; desgevraagd bij Verhoef is hier geen duidelijkheid over verkregen; Greenpeace heeft van geen gemeente een dergelijk brief ontvangen.
- ⁹⁸ <http://www.europarl.europa.eu/nl/pressroom/content/20110622IPR22334/html/Radioactief-afval-export-naar-landen-buiten-de-EU-moet-verboden-worden-zegt-EP>, 23 juni 2011.
- ⁹⁹ COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, Brussels, 28 juni 2011, Interinstitutional File: 2010/0306 (NLE) 11428/1/11 REV 1 COR 1; COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, Brussels, 15 juni 2011, Interinstitutional File: 2010/0306 (NLE), 11428/11, ATO 64, ENV 519.
- ¹⁰⁰ www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/trans/123937.pdf;
<http://register.consilium.europa.eu/pdf/en/11/st12/st12142.en11.pdf>.
- ¹⁰¹ <http://www.covra.nl/nieuws/2011/07/start-onderzoeksprogramma-eindberging-radioactief-afval-opera>, 5 juli 2011.
- ¹⁰² OPERA-PG-COV002 Meerjarenplan Opera, 5 juli 2011.
- ¹⁰³ <http://www.co2ntramine.nl/wp-content/uploads/2013/10/Kernafval-2013-beheersopties-zienswijze-Damveld-co2ntramine.pdf>, 27 oktober 2013.
- ¹⁰⁴ “Zuid-Friesland kandiaat voor berging kernafval”, Leeuwarder Courant, 10 en 11 juli 2014;
http://www.lc.nl/friesland/regio/video-terwispel-niet-vrolijk-van-kernafval-17373973.html#_U9tQpPEcR1s.
- ¹⁰⁵ G.-J. Vis & J.M. Verweij, “Geological and geohydrological characterization of the Boom Clay and its overburden”, OPERA-PU-TNO411, <http://www.covra.nl/downloads/opera>.
- ¹⁰⁶ http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2013/07/12/convention-on-nuclear-safety-cns.html?ns_campaign=documenten-en-publicaties-over-het-onderwerp-kernenergie&ns_channel=att, 12 juli 2013, p 17.
- ¹⁰⁷ Brief van minister Verhagen (EL&I) aan de Tweede Kamer over de vergunningprocedure rond een nieuwe kerncentrale in Borssele, 30 januari 2012: <http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2012/01/30/beantwoording-kamervragen-over-vergunningprocedure-nieuwe-kerncentrale-borssele/beantwoording-kamervragen-over-vergunningprocedure-nieuwe-kerncentrale-borssele.pdf>.
- ¹⁰⁸ OPERA-PG-COV002 Meerjarenplan Opera, 5 juli 2011; figuur 3, blz. 6.
- ¹⁰⁹ <http://www.covra.nl/over-covra/organisatie>.
- ¹¹⁰ *Kamerbrief tijdslijn beheersopties verbruikte splijtstof en radioactief afval*, 26 september 2013;
http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2013/09/26/kamerbrief-tijdslijn-beheersopties-verbruikte-splijtstof-en-radioactief-afval.html?ns_campaign=documenten-en-publicaties-over-het-onderwerp-kernenergie&ns_channel=att.
- ¹¹¹ *Antwoord op vragen van de leden Jan Vos en Jacobi over berichten over mogelijke opslag van kernafval onder de grond in Friesland*: 13 augustus 2014. <http://tweedekamer.nl/downloads/document/index.jsp?id=c3e654ca-27d8-4255-9ca8-a45a59c084da>
- ¹¹² OPERA-PG-COV002 Meerjarenplan Opera, 5 juli 2011.
- ¹¹³ <http://www.covra.nl/nieuws/2011/07/start-onderzoeksprogramma-eindberging-radioactief-afval-opera>, 5 juli 2011.
- ¹¹⁴ http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2013/07/12/convention-on-nuclear-safety-cns.html?ns_campaign=documenten-en-publicaties-over-het-onderwerp-kernenergie&ns_channel=att, 12 juli 2013, p 17.
- ¹¹⁵ Bernard Lietaer: *Geld en duurzaamheid, Van een falend geldsysteem naar een monetair ecosysteem*, Uitgeverij Jan van Arkel, Utrecht 2012; <http://www.janvanarkel.nl/nieuw/geldenduurzaamheid.html>; <http://www.lietaer.com/>.
- ¹¹⁶ <http://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2014D45491&did=2014D45491>, 9 december 2014.
- ¹¹⁷ <http://www.rekenkamer.nl/Publicaties/Onderzoeksrapporten/Introducties/2015/04/De-Staat-als-aandeelhouder>, 7 april 2015.
- ¹¹⁸ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-28165-182.html>, 26 maart 2015.
- ¹¹⁹ <http://www.laka.org/info/afval/alles-klein-vijfvijf.pdf>, 16 april 2015.
- ¹²⁰ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-28165-182.html>, 26 maart 2015.

¹²¹ <http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/04/30/kamerbrief-over-de-stand-van-zaken-aanvraag-tot-financiele-zekerheidstelling-kerncentrale-dodewaard/kamerbrief-over-de-stand-van-zaken-aanvraag-tot-financiele-zekerheidstelling-kerncentrale-dodewaard.pdf>

¹²² <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2013/08/13/kamerbrief-over-nationaal-programma-radioactief-afval.html>, 13 augustus 2013.

¹²³ Onder meer Zwitserland en Duitsland gaan ervan uit dat een veilige opslagperiode van 1 miljoen jaar gegarandeerd moet zijn; zie Nagra, Medienmitteilung, 6 november 2008 en http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/endfassung_sicherheitsanforderungen_bf.pdf, juli 2009.

¹²⁴ 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.

¹²⁵ Nuclear Energy Agency, "Radioactive Waste Management in Perspective", Parijs, juni 1996.

¹²⁶ Herman Damveld, "Atoomafval in Beweging": februari 2012, p.13:

<http://www.wisenederland.nl/sites/default/files/images/kernafval%20in%20beweging.pdf>

¹²⁷ <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-](http://www.polsoz.fu-berlin.de/polwiss/forschung/systeme/ffu/veranstaltungen/termine/downloads/13_salzburg/Auffermann-Salzburg-2013-oV.pdf)

[berlin.de/polwiss/forschung/systeme/ffu/veranstaltungen/termine/downloads/13_salzburg/Auffermann-Salzburg-2013-oV.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>.

¹²⁸ <http://www.world-nuclear-news.org/WR-Delay-in-Finnish-repository-licence-review-2606144.html>, 26 juni 2014.

¹²⁹ http://www.world-nuclear-news.org/WR-Application_in_for_Finnish_repository-0201134.html, 2 januari 2013.

¹³⁰ <http://www.mainpost.de/ueberregional/politik/zeitgeschehen/Endlager-in-Bergstollen-statt-unter-der-Erde:art16698,6002773>, 25 februari 2011.

¹³¹ <http://de.euronews.com/2014/06/27/europas-atomare-endlager/> 27 juni 2014.

¹³² Commissie Opberging te Land (OPLA), Onderzoek naar de geologische opberging van radioactief afval in Nederland. Eindrapport Aanvullend onderzoek van Fase 1 (1A), (1993).

¹³³ 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.

¹³⁴ Christa Garms-Babke, 'Die Unvereinbarkeit nicht-rückholbarer Endlagerung radioaktiver Abfälle mit dem Grundgesetz', Frankfurt, 2002.

¹³⁵ Commissie Opberging te Land (OPLA), Onderzoek naar de geologische opberging van radioactief afval in Nederland. Eindrapport Aanvullend onderzoek van Fase 1 (1A), (1993).

¹³⁶ http://www.sp.nl/onderzoek/normen_waarden_radioactiefafval.pdf, 2003.

- ¹³⁷ 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.
- ¹³⁸ http://www.cowam.com/IMG/pdf_cowam2_WP4.pdf, Long term governance WP4 Long term governance for radioactive waste Management, december 2006.
- ¹³⁹ 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.
- ¹⁴⁰ Herman Damveld, "Touwtrekken om kernafval", Groningen, juni 2001, p 10.
- ¹⁴¹ http://www.bfs.de/de/bfs/presse/aktuell_press/stabilisierung_morsleben.html, 11 mei 2011.
- ¹⁴² Bundesamt für Strahlenschutz, persbericht 27 augustus 2009.
http://www.bfs.de/de/endlager/endlager_morsleben/service/mediathek/stillegung_morsleben_text;
http://www.bfs.de/de/bfs/presse/aktuell_press/eram_2010.html, 26 april 2012.
- ¹⁴³ Asse Einblicke, nr. 13, mei 2011, p 2.
- ¹⁴⁴ http://www.asse.bund.de/DE/2_WasIst/Geschichte/_node.html.
- ¹⁴⁵ Süddeutsche Zeitung, 25 juni 2008. BMU, persbericht 2 september 2008.
- ¹⁴⁶ Bündnis90 Die Grünen, "Asse-Chronik – Vom Umgang mit Atommüll in Niedersachsen", Hannover, juni 2009.
- ¹⁴⁷ Kühn, K.; Klarr, K.; Borchert, H. (01.11.1967): Studie über die bisherigen Laugenzuflüsse auf den Asse-Schächten und die Gefahr eines Wasser- oder Laugeneinbruchs in das Grubengebäude des Schachtes II. Herausgegeben von GSF - Gesellschaft für Strahlenforschung mbH München und Institut für Tief Lagerung Clausthal-Zellerfeld.
<http://www.heute.de/ZDFheute/inhalt/15/0,3672,7621807,00.html>.
- ¹⁴⁸ TV-programma "Hartaberfair", Erste Deutsche Fernsehen, 18 augustus 2009.
- ¹⁴⁹ Pressemitteilung des Bundesamtes für Strahlenschutz, 3 september 2009, 29/09.
- ¹⁵¹ "Merkel sichert Sanierung von Asse zu", <http://www.mdr.de/nachrichten/6657769.html>.
- ¹⁵² "BfS stellt Ergebnis des Optionenvergleichs zur Schließung der Asse vor", Pressemitteilung 01/10, 15 januari 2010: "Die Rückholung der Abfälle aus der Schachanlage Asse II ist nach jetzigem Kenntnisstand die beste Variante beim weiteren Umgang mit den dort eingelagerten radioaktiven Abfällen. ... Ergebnis des Vergleichs ist, dass auf Basis des heutigen Wissensstands die vollständige Rückholung der Abfälle aus der Asse anzustreben ist."
¹⁵³ <http://www.contratom.de/news/rssanzeige.php?newsid=20658>, 16 januari 2010.
- ¹⁵⁴ http://www.fr-online.de/top_news/2243215_Milliardengrab-Asse.html, 29 januari 2010.
- ¹⁵⁵ <http://umwelt-panorama.de/news.php?id=1332>, 6 februari 2010.
- ¹⁵⁶ Asse Einblicke, nr. 13, mei 2011, p 1; http://www.endlager-asse.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/2011/0528_asse_einblicke.html, mei 2011.
- ¹⁵⁷ Asse Einblicke, nr. 13, mei 2011, p 1.
- ¹⁵⁸ Asse Einblicke, nr. 13, mei 2011, p 2.
- ¹⁵⁹ Asse Einblicke, nr. 13, mei 2011, p 2.
- ¹⁶⁰ <http://www.n-tv.de/politik/Asse-Bergung-wird-Langzeitprojekt-article12392966.html>, 4 maart 2014.
- ¹⁶¹ Asse Einblicke, nr. 13, mei 2011, p 2.
- ¹⁶² <http://www.energiestiftung.ch/files/downloads/energiethemen-atomenergie-atommuell-atommuell-kampagne/2012-nuclear-waste-web.pdf>, mei 2012.
- ¹⁶³ <http://www.landtag-niedersachsen.de/untersuchungsausschuesse/>, 8 november 2012.
- ¹⁶⁴ <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2012/12/2012-12-5-asse-gesetz.html>, 6 december 2012.
- ¹⁶⁵ http://www.asse.bund.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/2013/1209_faq_zwischenlager.html, 9 december 2013.; http://www.asse.bund.de/SharedDocs/Termine/DE/2014/20140213_fachtagung_rueckholung.html, januari 2014.
- ¹⁶⁶ http://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/braunschweig_harz_goettingen/Atommuelllager-Sanierung-wird-immer-teurer.asse1300.html, 6 oktober 2014.
- ¹⁶⁷ Asse Einblicke, nr. 13, mei 2011, p 1.
- ¹⁶⁸ Bundesamt für Strahlenschutz, "Endlager Morsleben. Betriebliche Sicherheit und Strahlenschutz für Mensch und Umwelt", maart 2014.
- ¹⁶⁹ <http://www.wipp.energy.gov/fctshts/Chronology.pdf>, 5 februari 2007.
- ¹⁷⁰ Voor een gedetailleerde bespreking van de geschiedenis van de plannen voor opslag van kernafval in de Verenigde Staten verwijzen we naar: 1. Ronnie Lipschutz, "Radioactive Waste: Politics, Technology and Risk", Cambridge USA, 1980; 2. A.A. Albert de la Bruhèze, "Political Construction of Technology. Nuclear Waste Disposal in the United States, 1945-1972", WMW-publikatie 10, Faculteit Wijsbegeerte en Maatschappijwetenschappen Universiteit Twente, Enschede, 1992; 3. Roger E. Kasperson, "Social Issues in Radioactive Waste Management: The National Experience", in: Roger E. Kasperson (ed), Equity Issues in Radioactive Waste Management, Oelgeschlager, Gunn & Hain Publishers, Cambridge, Massachusetts, 1983, hoofdstuk 2.

- ¹⁷¹ http://www.wipp.energy.gov/fctshts/Why_WIPP.pdf, 5 februari 2007.
- ¹⁷² Luther. J. Carter, Waste Management; Current Controversies over the Waste Isolation Pilot Plant; in: Environment, Vol. 31, no. 7, september 1989, p 5, 40 en 41.
- ¹⁷³ Nuclear Fuel, 9 maart 1998, p 6 en 7.
- ¹⁷⁴ Nucleonics Week, 15 oktober 1992. p 8.
- ¹⁷⁵ WISE News Communiqué 389, 19 november 1993, p 6.
- ¹⁷⁶ Nuclear Fuel, 1 juni 1998, p 11 en 12.
- ¹⁷⁷ WISE News Communiqué, 21 augustus 1998, p 2.
- ¹⁷⁸ http://www.cardnm.org/backfrm_a.html.
- ¹⁷⁹ http://www.cardnm.org/backfrm_a.html.
- ¹⁸⁰ <http://www.wipp.energy.gov/shipments.htm>, 11 februari 2014.
- ¹⁸¹ Eind jaren-20 zal de 175.600 kubieke meter bereikt worden, waarop de opslag stopt per oktober 2030; de mijn zal dan in 2038 worden afgesloten.
- ¹⁸² http://www.world-nuclear-news.org/WR-More_room_at_WIPP-0508137.html, 5 augustus 2013.
- ¹⁸³ <http://nuclearactive.org/> ACTION ALERT – AN INDEPENDENT INVESTIGATION OF WIPP IS NEEDED, 5 april 2014.
- ¹⁸⁴ http://www.cardnm.org/nonkarstfrm_a.html.
- ¹⁸⁵ <http://www.world-nuclear-news.org/RS-WIPP-radiation-under-investigation-2702144.html>, 27 februari 2014.
- ¹⁸⁶ <http://www.wipp.energy.gov/wipprecovery/recovery.html>.
- ¹⁸⁷ <http://www.world-nuclear-news.org/RS-Path-mapped-to-WIPP-reopening-0110147.html>, 1 oktober 2014.
- ¹⁸⁸ <http://www.wipp.energy.gov/Special/WIPP%20Recovery%20Plan.pdf>, 30 september 2014. Waste Isolation Pilot Plant Recovery Plan, Revision 0, September 30, 2014
- ¹⁸⁹ <http://www.wipp.energy.gov/wipprecovery/recovery.html>, 12 februari 2015.
- ¹⁹⁰ <http://www.world-nuclear-news.org/RS-Wrong-kitty-litter-the-culript-for-WIPP-release-27030151.html>, 27 maart 2015.
- ¹⁹¹ <http://www.world-nuclear-news.org/RS-Settlement-agreed-for-WIPP-incidents-0105154.html>, 1 mei 2015.
- ¹⁹² <http://www.nmenv.state.nm.us/wipp/documents/PublicNoticeforNMEDWithdrawal3202014English.pdf>, 21 maart 2014.
- ¹⁹³ <http://safeenergy.org/2014/03/26/the-wipp-story-will-be-a-saga/>, 26 maart 2014.
- ¹⁹⁴ Anselm Tiggemann, „Gorleben als Entsorgungs- und Endlagerstandort“, erstellt im Auftrag des Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz, mei 2010.
- ¹⁹⁵ <http://www.greenpeace.de/themen/atomkraft/tiggemann-gutachten-zu-gorleben-beschoenigend-und-manipulativ>, 30 september 2010; Anselm Tiggemann, „Die ‚Achillesferse‘ der Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland: Zur nuklearen Kontroverse und nuklearen Entsorgung von den Anfängen bis Gorleben 1955 - 1985“; http://www.derfallottojohn.mynetcologne.de/download/nukleare_entsorgung.pdf .
- ¹⁹⁶ http://www.asse.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/1_asse_einblicke/asse_einblicke_25.pdf?_blob=publicationFile, juli 2014.
- ¹⁹⁷ Bundestag, hib-Meldung, 8 augustus 2008, 2008_227/01.
- ¹⁹⁸ <http://www.zeit.de/wirtschaft/2013-04/neusuche-gorleben-endlager-atommuell>, 9 april 2013; wetstekst: <http://www.ndr.de/regional/niedersachsen/endlager199.pdf>.
- ¹⁹⁹ <http://www.heute.de/ZDFheute/inhalt/12/0,3672,7620332,00.html>; ZDF, Heute Nachrichten, 26 augustus 2009.
- ²⁰⁰ http://www.bundesrat.de/cln_350/nn_6898/DE/presse/pm/2013/193-2013.html?_nn=true, 5 juli 2013; <http://www.endlagerung.de/>;
- De directeur van het Bundesamtes für Strahlenschutz, Wolfram König in: http://www.asse.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/1_asse_einblicke/asse_einblicke_25.pdf?_blob=publicationFile, juli 2014.
- ²⁰¹ http://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/lueneburg_heide_unterelbe/Live-Wie-geht-es-weiter-mit-Gorleben.gorleben1654.html, 29 juli 2014.
- ²⁰² <http://www.umwelt.niedersachsen.de/aktuelles/pressemitteilungen/bund-und-niedersachsen-einigen-sich-auf-ausgestaltung-der-offenhaltung-fuer-gorleben-126690.html>, 29 juli 2014.
- ²⁰³ <http://www.bfs.de/de/bfs/presse/pr14/pm07.html>, Gemeinsame Pressemitteilung des Bundesamtes für Strahlenschutz, des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit und des Niedersächsischen Umweltministeriums, 29 september 2014.
- ²⁰⁴ "Advies inzake een programma inzake het beheer en de opslag van radioactieve afvalstoffen", Advies van het Economisch en Sociaal Comité der EG.; Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen nr. C. 263, 17 november 1975, p 52.
- ²⁰⁵ Europese Commissie, "Proceedings of the Workshop on Partitioning and Transmutation of Minor Actinides", Karlsruhe, 16-18 oktober 1989, p V.

- ²⁰⁶ Stan Gordelier, hoofd Nucleaire Ontwikkeling, Nuclear Energy Agency, in: Technisch Weekblad, 25 april 2009, pagina 5.
- ²⁰⁷ Gerhard Schmidt, Öko-Institut e.V., Gerald Kirchner, Universität Hamburg, und Christoph Pistner, Öko-Institut e.V., "Endlagerproblematik – Können Partitionierung und Transmutation helfen?" http://www.tatup-journal.de/tatup133_scu13a.php, Nr. 3, 22. Jahrgang, S. 52-58, november 2013.
- ²⁰⁸ Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, Aanhangsel nr 545, antwoorden Minister EZ, Andriessen op vragen Feenstra en Zijlstra, 1 mei 1991.
- ²⁰⁹ <http://www.world-nuclear-news.org/WR-UK-considers-options-for-unreprocessed-foreign-fuel-0403144.html>, 4 maart 2014.
- ²¹⁰ <http://www.no2nuclearpower.org.uk/wp/wp-content/uploads/2015/03/Briefing-THORP-21.pdf>, maart 2015.
- ²¹¹ <http://www.world-nuclear-news.org/WR-Tokai-reprocessing-plant-to-shut-2909144.html>, 29 september 2014.
- ²¹² <http://www.world-nuclear-news.org/WR-Rokkasho-start-up-delayed-to-2016-0311144.html>, 3 november 2014.
- ²¹³ <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/eleni/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2011/05/11/beantwoording-resterende-vragen-eerste-termijn-ao-kernenergie.html>, 11 mei 2011, p 11.
- ²¹⁴ <http://www.nucnet.org/all-the-news/2014/05/06/france-and-japan-announce-cooperation-on-generation-iv-astrid-fbr>, 6 mei 2014.
- ²¹⁵ <http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull222/22204883033.pdf>.
- ²¹⁶ <http://www.world-nuclear.org/info/Current-and-Future-Generation/Fast-Neutron-Reactors/>; <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Beloyarsk-4-criticality-soon-3012131.html>, 30 december 2013.
- ²¹⁷ <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Fuel-loading-begins-at-fast-reactor-0302147.html>, 3 februari 2014.
- ²¹⁸ <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Russia-celebrate-two-industry-firsts-at-Beloyarsk-and-Obninsk-2706141.html>, 27 juni 2014.
- ²¹⁹ <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Russia-postpones-BN-1200-in-order-to-improve-fuel-design-16041502.html>, 16 april 2015.
- ²²⁰ <http://www.atomic-energy.ru/>; world nuclear news, 15 april 2015.
- ²²¹ <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Russia-postpones-BN-1200-in-order-to-improve-fuel-design-16041502.html>, 16 april 2015.
- ²²² http://www.nucnet.org/all-the-news/2015/04/15/russia-postpones-construction-of-generation-iv-bn-1200-reactor-15.04.2015_No82.
- ²²³ Human Interference Task Force, Reducing the Likelihood of Future Human Activities That Could Affect Geologic High-level Waste Repositories Technical Report, May 1984.
- ²²⁴ Expert Judgment on Markers to Deter Inadvertent Human Intrusion into the Waste Isolation pilot Plant. Sandia National Laboratories, December 1991.
- ²²⁵ Title 40 CFR Part 191, Compliance Certification Application for the Waste Isolation Pilot Plant, Appendix Passive Institutional Controls, Conceptual Design Report, Revision 0, United States Department of Energy, Waste Isolation Plant, Carlsbad Area Office, Carlsbad, New Mexico, 14 november 1996.
- ²²⁶ Science magazine: A million year hard-disk, 12 July 2012.
- ²²⁷ Multigenerational Warning Signs, Charles Dunn, March 17, 2011. <http://large.stanford.edu/courses/2011/ph241/dunn2/>.
- ²²⁸ Dennis Duncan, "Backwards and Forwards with the Atomic Priesthood," Alluvium, Vol. 1, No. 2 (2012): n. pag. Web. 1 July 2012.
- ²²⁹ Susan Garfield: "Atomic Priesthood" is Not Nuclear Guardianship, in: Nuclear Guardianship Forum, Issue # 3, Spring 1994.
- ²³⁰ C. Pescatore, C. Mays: Geological disposal of radioactive waste: records, markers and people. An integration challenge to be met over millennia. Published in: NEA updates, NEA News 2008 – No. 26, Paris, 2009.
- ²³¹ Die Zeit (Germany), 22 August 2012; <http://www.zeit.de/wissen/umwelt/2012-08/atommuell-atomsemiotik>.
- ²³² Opening address A.J. González in: Retrievability of high level waste and spent nuclear fuel. IAEA Seminar in cooperation with the Swedish National Council for Nuclear Waste. Sweden, 24–27 oktober 1999, IAEA-TECDOC-1187. p.16. http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1187_prn.pdf.
- ²³³ Nuclear waste and core ethics, Damveld & Van den Berg, 1999, published as: Nuclear waste and nuclear ethics, Laka Foundation, January 2000; <http://www.laka.org/docu/boeken/pdf/1-01-2-12-15.pdf>.
- ²³⁴ No to spent fuel 'disposal', Nuclear Engineering International, 3 juli 2012 www.neimagazine.com/story.asp?sectioncode=188&storyCode=2062682.
- ²³⁵ <http://www.co2ntramine.nl/marking-nuclear-waste-disposal-facilities/>, 19 september 2012.
- ²³⁶ <http://www.oecd-nea.org/rwm/rkm/>.
- ²³⁷ <http://www.oecd-nea.org/rwm/docs/2013/rwm-r2013-5.pdf>, december 2013.
- ²³⁸ http://www.onjo.nl/Item.2569.0.html?no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=41568, 25 maart 2011.

- ²³⁹ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2011/04/19/antwoord-op-vragen-over-het-bericht-dat-de-kerncentrale-van-borssele-meermaals-ontsnapt-zou-zijn-aan-een-ramp.html>, 19 april 2011.
- ²⁴⁰ <http://www.co2ntramine.nl/421-bedrijfsstoringen-kerncentrale-borssele/>, 3 november 2013.
- ²⁴¹ http://www.ilent.nl/onderwerpen/leefomgeving/nucleair_en_straling/nucleair/nucleaire_installaties/ongewone_gebeurtenissen_2013/.
- ²⁴² Large and Associates, ASSESSMENTS OF THE RADIOLOGICAL CONSEQUENCES OF RELEASES FROM EXISTING AND PROPOSED EPR/PWR NUCLEAR POWER PLANTS IN FRANCE, maart 2007.
- ²⁴³ <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.
- ²⁴⁴ <http://www.veiligheidsregiogroningen.nl/zo-bereiden-wij-ons-voor/rampbestrijdingsplannen>
- ²⁴⁵ <http://risicowijzer.groningen.nl/risico-s/gevaarlijke-stoffen>.
- ²⁴⁶ World Nuclear News, http://www.world-nuclear-news.org/RS-EPR_design_NRC_not_happy_yet_2607107.html, 26 July 2010.
- ²⁴⁷ <http://www.platts.com/RSSFeedDetailedNews.aspx?xmlpath=RSSFeed/HeadlineNews/Nuclear/6252295.xml>, 3 augustus 2010.
- ²⁴⁸ <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/news/2010/10-130.html>.
- ²⁴⁹ “The EPR in Crisis”, in: Nuclear Monitor, 12 november 2010, No 719/720, p 1 tot 17.
- ²⁵⁰ <http://bit.ly/js3tkI>, 25 juli 2011; http://www.lemonde.fr/planete/article/2011/07/25/greenpeace-souligne-les-fautes-de-l-epr-en-cas-de-panne-electrique_1552664_3244.html; <http://www.google.com/hostednews/afp/article/ALeqM5iKtqI4gVBDGsNee5trqyFYIqTS3A?docId=CNG.b2e3023bd6a92351deec0abbe585f880.531>.
- ²⁵¹ http://www.ncwarn.org/?p=2729&utm_source=BenchmarkEmail&utm_campaign=Merger_reactor_flaw&utm_medium=email; http://www.fairewinds.com/sites/default/files/Fairewinds_API000_Supplemental_Report_12-21-2010.pdf, 10 januari 2011.
- ²⁵² <http://www.rtvnoord.nl/artikel/artikel.asp?p=120013>, 16 april 2013.
- ²⁵³ <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2015/04/29/beantwoording-kamervragen-over-vestigingsplaatsen-voor-een-kerncentrale.html>, 29 april 2015.
- ²⁵⁴ http://www.provinciegroningen.nl/fileadmin/user_upload/Documenten/Besluitenlijst_PS/Besluitenlijst_Provinciale_Staten_7_november_2012.pdf
- ²⁵⁵ Tweede Kamer, 18830, nrs 1-4.
- ²⁵⁶ Tweede Kamer, vergaderjaar 1985-1986, 18830, nrs. 46-47.
- ²⁵⁷ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2010/02/25/derde-structuurschema-elektriciteitsvoorziening-deel-4-planologische-kernbeslissing.html>, 25 februari 2010.
- ²⁵⁸ 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.
- ²⁵⁹ Nucleonics Week, 13 maart 2003, p. 11.
- ²⁶⁰ <http://ikregeer.nl/documenten/ah-tk-20102011-2307>, 18 mei 2011; <http://www.verzekeraars.nl/UserFiles/Image/Jaarverslag%20ATP%202009%20Bureau.pdf>.
- ²⁶¹ Tweede Kamer, Vergaderjaar 2006-2007, Kamerstuk 31119, Wijziging van de Wet aansprakelijkheid kernongevallen ter uitvoering van het Protocol van 12 februari 2004 houdende wijziging van het Verdrag van 29 juli 1960 inzake wettelijke aansprakelijkheid op het gebied van de kernenergie en ter uitvoering van het Protocol van 12 februari 2004 houdende wijziging van Verdrag van 31 januari 1963 tot aanvulling van het Verdrag van 29 juli 1960 inzake wettelijke aansprakelijkheid op het gebied van de kernenergie, nr. 3, MEMORIE VAN TOELICHTING.
- ²⁶² www.laka.org/nieuws/2012/09-aansprakelijkheid.pdf.
- ²⁶³ Herman Damveld. “Tsjernobyl, 10 jaar later”, Greenpeace Chernobyl Papers No. 4, maart 1996.
- ²⁶⁴ <http://www.reuters.com/article/2011/03/31/us-tepco-compensation-idUSTRE72U06920110331>, 31 maart 2011.
- ²⁶⁵ www.greenpeace.org/belgium/Global/.../NL%20liability_briefing_eloj.d..
- ²⁶⁶ http://www.japantimes.co.jp/news/2014/08/27/national/fukushima-nuclear-crisis-estimated-to-cost-%C2%A511-trillion-study/#.U_7wLPEcRlt, 27 augustus 2014.
- ²⁶⁷ Stuurgroep Project Herbezinning Kernenergie, SPH-06-13 Hoofdrapport, Economische schade van een ongeval met een kerncentrale.

- ²⁶⁸ Antony Frogatt et al., *Mythos Atomkraft*, Heinrich Böll Stiftung, 2010, pp 38-42.
- ²⁶⁹ <http://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/201407msc-worldnuclearreport2014-hr-v1.pdf>, 29 juli 2014, p 8.
- ²⁷⁰ <http://www.foratom.org/news-report/229-ec-state-aid-guidelines-should-create-level-playing-field-for-all-low-carbon-technologies.html>, 14 februari 2014.
- ²⁷¹ <http://www.iea.org/Textbase/npsum/WEO2014SUM.pdf>, 12 november 2014, p 5.
- ²⁷² <http://www.world-nuclear-news.org/C-Rosatom-defends-cost-rises-against-Audit-Chamber-report-19011502.html>, 19 januari 2015.
- ²⁷³ <http://corporate.vattenfall.com/news-and-media/press-releases/2015/vattenfall-changes-direction-for-operational-lifetimes-of-ringhals-1-and-2/>, 28 april 2015.
- ²⁷⁴ <http://fd.nl/ondernemen/509856-1204/delta-bereidt-zich-voor-op-jarenlange-somberheid-op-nederlandse-energiemarkt?visited=true>, 12 april 2012.
- ²⁷⁵ <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/kernenergie/plannen-voor-nieuwe-kerncentrales>, <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/kernenergie/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2012/01/30/beantwoording-kamervragen-over-vergunningprocedure-nieuwe-kerncentrale-borssele.html>, 30 januari 2013.
- ²⁷⁶ http://www.ucsusa.org/nuclear_power/nuclear_power_and_global_warming/nuclear-power-subsidies-report.html, 23 februari 2011.
- ²⁷⁷ World Nuclear News, 26 januari 2011.
- ²⁷⁸ http://www.powermag.com/nuclear/The-U-S-Power-Industry-2011-The-Sequel_3293_p4.html, http://www.powermag.com/nuclear/The-U-S-Power-Industry-2011-The-Sequel_3293_p3.html, 1 januari 2011.
- ²⁷⁹ Nuclear Monitor, 29 oktober 2010, No 718, p 1 en 2.
- ²⁸⁰ http://www.energycentral.com/functional/news/news_detail.cfm?did=19038375, 2 maart 2011.
- ²⁸¹ <http://www.world-nuclear-news.org/RS-US-EPR-plans-suspended-0603157.html>, 6 maart 2015.
- ²⁸² http://www.world-nuclear-news.org/NN_Economics_hinder_US_new_build_1608111.html?utm_source=World+Nuclear+News&utm_campaign=01158fb788-WNN_Daily_16_August_2011&utm_medium=email, 16 augustus 2011.
- ²⁸³ <http://www.world-nuclear-news.org/C-Exelon-plants-in-question-2805141.html>, 28 mei 2014.
- ²⁸⁴ <http://www.world-nuclear-news.org/C-US-plants-suffer-under-challenging-economy-1002147.html>, 10 februari 2014.
- ²⁸⁵ http://www.energycentral.com/functional/news/news_detail.cfm?did=31538985&, 14 februari 2014.
- ²⁸⁶ www.guardian.co.uk/environment/2013/jul/11/nuclear-renaissance-power-myth-us, 11 juli 2013.
- ²⁸⁷ <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Issuance-of-Vogtle-loan-guarantees-2002144.html>, 20 februari 2014.
- ²⁸⁸ <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Start-date-delay-for-Vogtle-units-3001158.html>, 30 januari 2015.
- ²⁸⁹ <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Cost-of-Summer-AP1000s-increases-0310144.html>, 3 oktober 2014.
- ²⁹⁰ <http://world-nuclear-news.org/NN-New-completion-dates-for-Summer-1603157.html>, 16 maart 2015.
- ²⁹¹ <http://www.world-nuclear-news.org/NN-SCEG-forced-to-revise-Summer-schedule-1308201401.html>, 13 augustus 2014.
- ²⁹² “With the cost of nuclear plants often running into the tens of billions of dollars, utilities are increasingly turning to a controversial financing procedure called Construction Work in Progress, or CWIP. That allows the utilities to pass the front-end costs to ratepayers years in advance of the plant going on line. Electric and nuclear trade associations defend CWIP as a way to save millions of dollars in construction borrowing costs -- savings they say they pass onto consumers.” http://www.energycentral.com/generationstorage/nuclear/news/en/31404128/Nuclear-power-project-financing-option-sticks-ratepayers-with-tab?utm_source=2014_02_03&utm_medium=eNL&utm_content=260779&utm_campaign=GENERATION, 3 februari 2014.
- ²⁹³ Technisch Weekblad, 12 februari 2011, p 1.
- ²⁹⁴ THE GOVERNMENT OF THE CZECH REPUBLIC, 6 augustus 2014, number 668 concerning the Final report of the government envoy for the expansion of the Temelín nuclear power station.
- ²⁹⁵ <http://www.world-nuclear-news.org/C-Suppliers-raise-Olkiluoto-3-damages-claim-3110134.html>, 31 oktober 2013.
- ²⁹⁶ <http://www.world-nuclear-news.org/C-TVO-increases-claim-against-Areva-Siemens-in-arbitration-2210145.html>, 22 oktober 2014.
- ²⁹⁷ <http://www.areva.com/EN/news-10362/ol3-arbitration-procedure-update-of-the-consortium-areva--siemens-claim.html>, 27 oktober 2014.
- ²⁹⁸ <http://www.tvofinland.fi/news/190>, 12 februari 2014.
- ²⁹⁹ <http://uk.reuters.com/article/2014/02/28/tvo-olkiluoto-idUKL6N0LX3XQ20140228>.
- ³⁰⁰ <http://www.areva.com/EN/news-10288/updated-schedule-for-olkiluoto-3.html>, 1 september 2014.
- ³⁰¹ <http://www.areva.com/EN/news-10470/2014-annual-results.html>, 4 maart 2015.

- ³⁰² http://press.edf.com/fichiers/fckeditor/Commun/Presse/Dossiers/EDF/2009/dp_edf_20090206_va.pdf, februari 2009.
- ³⁰³ <http://www.bloomberg.com/news/2010-07-06/edf-s-epr-reactor-at-flamanville-is-delayed-by-24-months-le-figaro-says.html>.
- ³⁰⁴ <http://de.news.yahoo.com/2/20100729/tts-gewerkschaften-rechnen-mit-kostenexp-c1b2fc3.html>, 29 juli 2010.
- ³⁰⁵ http://press.edf.com/fichiers/fckeditor/Commun/Presse/Communiqués/EDF/2010/cp_20100730_va.pdf, 30 juli 2010.
- ³⁰⁶ http://www.world-nuclear-news.org/NN_New_approach_puts_back_Flamanville_3_2107111.html?utm_source=World+Nuclear+News&utm_campaign=12dc598b56-WNN_Daily_21_July_2011_21_2011&utm_medium=email, 21 juli 2011.
- ³⁰⁷ <http://press.edf.com/press-releases/all-press-releases/2011/edf-will-start-selling-the-first-kwh-produced-by-the-epr-at-flamanville-in-2016-85322.html&return=42873>.
- ³⁰⁸ http://www.world-nuclear-news.org/NN-Flamanville_costs_up_2_billion_Euros-0412127.html, 4 december 2012.
- ³⁰⁹ <http://www.nucnet.org/announcement/the-cost-of-a-nuclear-power-plant>, februari 2014.
- ³¹⁰ <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Vessel-installed-at-French-EPR-2701144.html>, 27 januari 2014.
- ³¹¹ <http://press.edf.com/press-releases/all-press-releases/2014/flamanville-epr-schedule-update-292677.html>, 18 november 2014.
- ³¹² THE GOVERNMENT OF THE CZECH REPUBLIC, 6 augustus 2014, number 668 concerning the Final report of the government envoy for the expansion of the Temelín nuclear power station.
- ³¹³ Charles Hendry, New Nuclear Power Stations- Westminster Hall UK Parliamentary debate, 13 July 2010, column 232WH.
- ³¹⁴ <http://www.taz.de/1/zukunft/umwelt/artikel/1/nicht-ohne-staatliche-hilfen/>, 20 juli 2010.
- ³¹⁵ <http://www.reuters.com/article/2011/07/06/us-nuclear-citigroup-idUSTRE76548820110706>, 6 juli 2011.
- ³¹⁶ <http://www.bbc.co.uk/news/business-24604218>, 21 oktober 2013.
- ³¹⁷ <http://www.theguardian.com/business/2013/dec/18/hinkley-point-c-nuclear-subsidy-european-commission>, 18 december 2013.
- ³¹⁸ http://ec.europa.eu/competition/state_aid/cases/251157/251157_1507977_35_2.pdf, 18 december 2013.
- ³¹⁹ <http://www.greenpeace.org/eu-unit/en/News/2014/EU-investigation-calls-Hinkley-nuclear-deal-into-question/>, 31 januari 2014.
- ³²⁰ <http://www.thetimes.co.uk/tto/business/industries/utilities/article3992127.ece>, 1 februari 2014.
- ³²¹ <http://www.world-nuclear-news.org/NP-Europe-lists-concerns-over-Hinkley-deal-0302144.html>, 3 februari 2014.
- ³²² http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-1093_en.htm, 8 oktober 2014.
- ³²³ <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/atomkraftwerk-eu-billigt-beihilfen-fuer-hinkley-point-c-a-996073.html>, 8 oktober 2014.
- ³²⁴ <http://www.world-nuclear-news.org/NP-Hinkley-Point-C-contract-terms-08101401.html>, 8 oktober 2014.
- ³²⁵ <http://www.world-nuclear-news.org/NP-Hinkley-Point-C-contract-terms-08101401.html>, 8 oktober 2014.
- ³²⁶ <http://www.greenpeace.org/eu-unit/en/News/2014/Sell-out-on-UK-nuclear-plan-exposes-Commission-to-legal-challenges/>, 8 oktober 2014.
- ³²⁷ <http://www.greenpeace.org/eu-unit/en/News/2014/Sell-out-on-UK-nuclear-plan-exposes-Commission-to-legal-challenges/>, 8 oktober 2014.
- ³²⁸ <http://www.thetimes.co.uk/tto/business/industries/utilities/article4346816.ece>, 7 februari 2015.
- ³²⁹ <http://af.reuters.com/article/energyOilNews/idAFL6N0WZ2CD20150402>, 2 april 2015.
- ³³⁰ NuClear News, No.58, January 2014, <http://www.no2nuclearpower.org.uk/nuclearnews/NuClearNewsNo58.pdf>
- ³³¹ <http://www.volkskrant.nl/vk/nl/2664/Nieuws/article/detail/3373762/2013/01/08/Azie-werkt-aan-energie wonder-van-thorium.dhtml>, 8 januari 2013.
- ³³² <http://www.laka.org/info/publicaties/2008-thorium.pdf>.
- ³³³ International Nuclear Fuel Cycle Evaluation, Working Group 8: Advanced Fuel Cycle and Reactor Concepts, Wenen, 1980, p. 38, <http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull222/22204883033.pdf>.
- ³³⁴ <http://www.world-nuclear.org/info/Current-and-Future-Generation/Thorium/>, 16 november 2013.

³³⁵ <http://www.pressenza.com/2014/03/thorium-solve-nuclear-weapons-problem/>, Thorium does not solve nuclear weapons problem, 4 maart 2014.

³³⁶ <http://www.inl.gov/technicalpublications/Documents/4480296.pdf>, september 2009. (The INL is a U.S. Department of Energy National Laboratory operated by Battelle Energy Alliance) : “the choice between uranium-based fuel and thorium-based fuels is seen basically as one of preference, with no fundamental difference in addressing the nuclear power issues.”

³³⁷ http://www.ucsusa.org/assets/documents/nuclear_power/thorium-reactors-statement.pdf.

³³⁸ 33 930 XIII, Jaarverslag en slotwet Ministerie van Economische Zaken 2013, Nr. 6 Lijst van vragen en antwoorden, Vastgesteld 12 juni 2014, <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-342362.pdf>.

³³⁹ <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Foundation-in-place-for-Iter-Tokamak-2808144.html>, 28 augustus 2014.

³⁴⁰ <http://www.world-nuclear.org/info/Current-and-Future-Generation/Nuclear-Fusion-Power/>, december 2013.

³⁴¹ Technisch Weekblad, 1 november 2014.