

Basiskennis kernenergie in 18 argumenten

Herman Damveld, zelfstandig onderzoeker en publicist te Groningen

12 augustus 2014

www.co2ntramine.nl

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 een Nationaal Programma voor eindberging van radioactief afval moet maken; daarbij is inspraak van de burgers een vereiste.

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. 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. 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 die nu van start gaat over het Nationaal Programma dan ook als onwettelijk en verwarrend.

Tegelijk is het door de politieke spanningen tussen de Europese Unie en Rusland minder vanzelfsprekend dat er op korte termijn voldoende aanbod van energie is: de Europese Unie is namelijk sterk afhankelijk van de levering van olie, gas en uranium door Rusland.

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.^{1 2}

Kernenergie kent verschillende problemen, zoals de opslag van het radioactief afval³; de risico's van uraniumwinning^{4 5}; de beperkte voorraad uranium⁶; de onveiligheid van kerncentrales met ongelukken als in Tsjernobyl in 1986^{7 8 9 10}; de hoge bouwkosten¹¹; de beperkte productiecapaciteit van de kernindustrie.¹² Kernenergie is niet broeikasgasvrij.¹³ 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.¹⁴

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.^{15 16}

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.^{17 18} 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.¹⁹ 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 broeikas-effect. 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 en zoekt naar draagvlak bij betrokkenen. Daardoor komt 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. 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.
9. 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.

10. 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.

11. 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, waarvoor al 1,5 miljard euro is uitgegeven, gaat zeer waarschijnlijk niet door.

12. 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.

13. 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

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

15. Kerncentrales blijven een risico. In Finland en Frankrijk wordt nu de European Pressurized Water 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.

16. 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

17. 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

18. 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.²⁰ 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 2011.²¹²² ²³ ²⁴ ²⁵ In Duitsland werden in juni 2011 acht kerncentrales stilgelegd.²⁶ ²⁷ Eind 2013 waren er volgens het IAEA 436 kerncentrales in bedrijf.²⁸ 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.²⁹ 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%.³⁰ ³¹ 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.³² 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 en gas uit Rusland importeren. Daarbij wordt vergeten dat Nederland veel gas exporteert, jaarlijks zo'n 33 miljard kubieke meter.³³ Stel dat van dat gas elektriciteit gemaakt wordt. Een rekensom leert dat we daar 60 miljard kilowattuur (kWh) stroom van kunnen maken. De import van stroom in 2012 was ongeveer 32 kWh, bij een export van 15 kWh.³⁴ Met het aardgas dat we exporteren kunnen we dus 3,5 keer zoveel stroom maken als we netto importeren.

3. Beperkte productiecapaciteit kerncentrales

Het Nucleair Energie Agentschap (NEA) heeft de Technology Roadmap Nuclear Energy uitgebracht.³⁵ 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.³⁶ 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.³⁷

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.^{38 39 40}

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.⁴¹
^{42 43}

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.⁴⁴ 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.⁴⁵ 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 2000 al op zou zijn geweest.⁴⁶

Uranium snel op

Dat de uraniumvoorraad beperkt is zien we ook op de volgende manier. Alle kerncentrales wereldwijd gebruiken nu jaarlijks bijna 70.000 ton uranium. Volgens een rapport uit 2012 van het NEA, een instituut dat vóór kernenergie is, zijn de bewezen en geschatte voorraden (op grond van redelijk betrouwbare gegevens) samen 7,1 miljoen ton. Daarnaast schat het NEA de niet-ontdekte en speculatieve voorraden uranium op 10,5 miljoen ton.⁴⁷

Hoelang die bewezen voorraad van 7,1 miljoen ton uranium meegaat is natuurlijk afhankelijk van de vraag. Bij het huidige gebruik van uranium is de voorraad over 100 jaar op (100 maal huidig jaarlijks verbruik van 70.000 ton), maar als de vraag stijgt zijn we natuurlijk sneller 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.⁴⁸ Dat is bijna de totale bewezen en geschatte voorraad van 7,1 miljoen ton. In plaats van over 100 jaar is in dit voorbeeld de bewezen en geschatte voorraad uranium al over 23 jaar (in 2037) 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.⁴⁹ 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 4,5%.⁵⁰

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.⁵¹ 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.^{52 53} 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.^{54 55} 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".⁵⁶

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.

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.⁵⁷ 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.⁵⁸ 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.⁵⁹ Het radioactieve afval komt naar Nederland terug.^{60 61}

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 radioactief afval van de Hoge Flux Reactor in Petten, laboratoria, onderzoeksinstellingen, industrie en ziekenhuizen. 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.⁶²

Bij de COVRA stonden eind 2013 zo'n 39.000 vaten laag- en middelradioactief afval, 2800 containers met verarmd uranium en 472 vaten met hoogradioactief afval opgeslagen.^{63 64}

Het bedrijfsafval van de kerncentrale Borssele bestaat jaarlijks uit 32-33 m³.⁶⁵ 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.^{66 67}

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.⁶⁸

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.^{69 70 71}

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 Enkhuisen, het noorden van Friesland en Groningen en aangrenzende delen van de Waddenzee.⁷² 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.^{73 74} 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 Terwispe, 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.⁷⁵

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

- welke doelen men wil bereiken;
- welke de belangrijke mijlpalen en tijdsplanningen 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.^{76 77}

....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."^{78 79}

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.⁸⁰ 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.^{81 82} 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. Nergens opslag hoogradioactief afval

De kerncentrale Borssele maakt kernafval dat zeker een miljoen jaar gevaarlijk blijft.⁸³ 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 ⁸⁴	verwachting in 1996 ⁸⁵	verwachting in 2010 ⁸⁶	verwachting in 2014 ⁸⁷
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.⁸⁸ Als de opslagmijn is aangelegd, moet er nog een bedrijfsvergunning afgegeven worden voor de opslag kan beginnen.⁸⁹ 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."⁹⁰ 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.⁹¹

9. 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.⁹² 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."⁹³ 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.^{94 95 96 97 98}

10. 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.⁹⁹ 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.¹⁰⁰

11. 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^{101 102}

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.^{103 104}

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.¹⁰⁵ 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.^{106 107} Nu blijkt er al na 40 jaar radioactiviteit te lekken.^{108 109}

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.^{110 111 112 113} 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.^{114 115}

Op 31 mei 2011 bracht het BfS een aflevering van het blad “Asse Einblicke” uit.¹¹⁶ 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.^{117 118}

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.¹¹⁹ 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.¹²⁰

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.^{121 122 123 124 125}

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.¹²⁶

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 opgevoerd 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.¹²⁷ 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.¹²⁸ 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.¹²⁹ 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.¹³⁰ Wel mocht een deel van het radioactieve afval van de kernwapenproductie daarnaartoe.¹³¹ 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).¹³² De opslag zou aanvankelijk beginnen in 1988, maar omdat er water in de mijn lekte kon de opslag eerst in maart 1999 starten.^{133 134 135 136 137 138}

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.¹³⁹ De maximaal toegestane hoeveelheid is 175.600 m³.¹⁴⁰ 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.¹⁴¹ 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.¹⁴² Deze stelling was vanaf het begin omstreden, maar werd door de overheid terzijde geschoven.¹⁴³

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 jl. 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.^{144 145} De volgende stap is onderzoek in de buurt van de mogelijke radioactieve bron. Dat moet uiterst zorgvuldig gebeuren. Wanneer de radioactieve bron gevonden zal worden en wat er dan gaat gebeuren is onbekend.¹⁴⁶ Wel bekend is dat een geplande uitbreiding van de opslag niet is toegestaan door de regering van de Staat New Mexico op 21 maart 2014.¹⁴⁷ Daarmee komt de berging van radioactief afval in de VS weer op de agenda.¹⁴⁸

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.^{149 150}

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.¹⁵¹

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.^{152 153} 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.¹⁵⁴ 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 2050.¹⁵⁵

Volgens deze wet moet Gorleben openblijven voor het geval deze zoutkoepel bij het zoeken naar een opslagplaatst 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 2014 mee. De bestaande twee schachten, de verbindingswegen 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.^{156 157}

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.

12. 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.^{158 159} 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."¹⁶⁰

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.¹⁶¹

Snelle kweekreactoren nodig

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.¹⁶² 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: zo gaat de Engelse THORP in 2018 dicht, werd begin maart 2014 bekend gemaakt.¹⁶³

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."¹⁶⁴

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.¹⁶⁵

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).¹⁶⁶ 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.^{167 168 169}

13. 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.^{170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184}

14. 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 diesellaggregaten. Dat de noodstroomvoorziening en de diesellaggregaten niet werken, kwam dus niet alleen in Fukushima, maar ook in Borssele voor.¹⁸⁵

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 diesellaggregaten vervangen; ook wordt er in de noodprocedures sinds 2006 rekening mee gehouden dat de stroomtoevoer van buitenaf langere tijd niet beschikbaar is.^{186 187 188}

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

15. 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 Pressurized Water 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.¹⁸⁹ 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.”¹⁹⁰

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

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.¹⁹¹ In maart 2011 zou Areva hiervoor concrete voorstellen doen, maar of dat is gebeurd, is onbekend.^{192 193} 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.¹⁹⁴

Ook bleek in juli 2011 dat de EPR minder noodstroomvoorzieningen heeft dan de Konvooykerncentrale, 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.¹⁹⁵

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 Gundersen, van Fairewinds Associates op 10 januari 2011 bij de publicatie van een rapport over de AP 1000.¹⁹⁶

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

16. Kernenergie een onverzekerbaar 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.¹⁹⁷

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.¹⁹⁸

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.¹⁹⁹

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."²⁰⁰ 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.²⁰¹

Ter vergelijking. De schade van het ongeluk te Tsjernobyl in 1986 is zeker 300 miljard dollar (210 miljard euro, afhankelijk van de gebruikte wisselkoers).²⁰² 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).²⁰³ In 2012 werd een bedrag genoemd van 186 miljard euro.²⁰⁴ 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).²⁰⁵ 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.

17. Kernenergie is duur

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.^{206 207} 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.²⁰⁸ Enkele voorbeelden.

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”.^{209 210}

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.”²¹¹

De regering Obama heeft herhaaldelijk een miljardensteun voor de bouw van kerncentrales aangekondigd.²¹² 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.²¹³

In 2007 vroegen de energiebedrijven Constellation Energy en het Franse EDF een vergunning aan voor de kerncentrale Calvert Cliffs-3. 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.²¹⁴ 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.²¹⁵

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.²¹⁶ 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.²¹⁷

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.²¹⁸ Eind 2014 gaat 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.²¹⁹ Van de 31 geplande nieuwe kerncentrales waarvan in 2009 sprake was, worden er nu vier gebouwd met subsidie van de overheid.²²⁰ 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.²²¹

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.²²²

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 de deze datum op naar 2016.²²³

De reactorbouwer, het Franse Areva, vindt dat Finland de oorzaak is van de vertragingen. Daarom heeft Areva recentelijk een claim ingediend van 2,7 miljard euro tegen de toekomstige eigenaar van de centrale, het Finse elektriciteitsbedrijf TVO. Omgekeerd eist TVO 1,8 miljard van Areva omdat onderdelen te laat zijn afgeleverd.²²⁴

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 heeft niet geantwoord, stelde TVO.²²⁵ Luc Oursel, de topman van Areva, stelde op 28 februari 2014 dat de centrale nu voor 86% gereed is en dat Areva er een verlies op leidt van 3,85 miljard euro, terwijl de bouw van de centrale 8,5 miljard euro kost.²²⁶

Frankrijk bouwt een EPR-centrale bij Flamanville, die volgens de aanvankelijke plannen in 2012 in bedrijf zou komen. In juli 2010 bleek echter dat het 2014 wordt en dat de kosten stijgen van 3,3 naar 5 miljard euro.^{227 228 229}

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.^{230 231}

Eind december 2012 gingen de kosten met nog eens 2 miljard euro omhoog naar 8 miljard euro.²³² 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.²³³ De verwachting van EDF is dat de kerncentrale in 2016 in bedrijf komt.²³⁴

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.²³⁵ Daarop stelden de Duitse bedrijven RWE en E.ON dat ze voor de geplande bouw van kerncentrales in Engeland wel subsidie nodig hebben.²³⁶

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.”²³⁷

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.²³⁸ 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 een voor Engeland kritisch rapport geschreven, namelijk dat er waarschijnlijk sprake is van ongeoorloofde staatssteun.^{239 240 241 242 243}

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 Proglio, de directeur van EDF, recentelijk.²⁴⁴

18. 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.²⁴⁵ 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.²⁴⁶ In 1980 stelde het IAEA dat kort na het jaar 2000 een thoriumcentrale op de markt te koop zou zijn²⁴⁷. 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.^{248 249 250 251}

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 uraniumspijststof, 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 splijststof van het radioactieve afval) meer straling vrij dan bij de cyclus voor uraniumspijststof. Gezien deze nadelen acht ik het onwaarschijnlijk dat thorium op korte termijn ingezet kan worden voor energieproductie.”²⁵²

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. Vanaf 2020 beginnen de experimenten met waterstof. De realistische proeven met deuterium en tritium beginnen vanaf 2026. ITER moet

aantonen dat het mogelijk is om op industriële schaal fusie-energie op te wekken: een vermogen van 500 Megawatt, een kwartier achter elkaar. Er wordt echter geen elektriciteit opgewekt. 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.²⁵³ Pas daarna is er een fusiereactor te koop op de markt.

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 Voor een gedetailleerde bespreking zie: <http://www.nirs.org/reactorwatch/accidents/Fukushimafactsheet.pdf> ; http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_the_Fukushima_nuclear_accidents.

² <http://www.enerwebwatch.eu/webwatch.php?page=EarthQuake>

³ <http://groengroningen.nl/images/Kernenergie/kainbew.pdf>, februari 2011.

⁴ http://somo.nl/publications-en/Publication_3629/view?set_language=en, 1 maart 2011.

⁵ “Uranium Mining Issues: 2010 review”, in: Nuclear Monitor, 21 januari 2011, No 722, p 2 – 8.

⁶ <http://groengroningen.nl/images/Kernenergie/kainbew.pdf>, februari 2011.

⁷ Zienswijze van 24 juni 2008 van de gezamenlijke Milieufederaties over Derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening.

⁸ 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.

⁹ Voor een gedetailleerde bespreking zie: “Chernobyl; Chronology of a Disaster”, in: Nuclear Monitor, maart 2011, No. 724, p 1 -18.

¹⁰ <http://www.climatesceptics.org/ines-level/table>

¹¹ WISE/NIRS, Nuclear Monitor, 28 augustus 2008, 25 september 2008, 17 september 2009 en 11 december 2009.

¹² 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.

¹³ <http://www.tegenstroom.nl/node/958>

¹⁴ http://oekonews.at/index.php?mdoc_id=1057207, 20 maart 2011.

¹⁵

http://www.delta.nl/over_DELTA/perscentrum/nieuwsarchief/nieuwsberichten_2009/DELTA_start_procedure_v_ergunningaanvraag_2de_kerncentrale/, 25 juni 2009.

¹⁶

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.

¹⁷ <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.

¹⁸ <http://www.nrc.nl/nieuws/2014/01/25/samsom-we-hebben-nu-een-alternatief-voor-aardgas-nodig/>, 25 januari 2014.

¹⁹ Technisch Weekblad, 1 augustus 2014, p. 9.

- ²⁰ <http://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/201407msc-worldnuclearreport2014-hr-v1.pdf>, p 6.
- ²¹ IAEA, "Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2005", Reference Data Series No. 1, juli 1989 Edition.
- ²² 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).
- ²³ http://www.world-nuclear-news.org/NN_Two_up_two_down_0401101.html, 4 januari 2010.
- ²⁴ <http://www.iaea.org/programmes/a2/>.
- ²⁵ <http://www.iaea.org/programmes/a2/>.
- ²⁶ http://www.nzz.ch/nachrichten/politik/international/atomdebatte_bundestag_1.11117362.html .
- ²⁷ http://www.welt.de/print/welt_kompakt/print_politik/article13520650/Atomausstieg-nimmt-letzte-Huerde.html, 1 augustus 2011.
- ²⁸ <http://www.iaea.org/pris/>, juli 2014.
- ²⁹ <http://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/201407msc-worldnuclearreport2014-hr-v1.pdf>, 29 juli 2014.
- ³⁰ <http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/7E4AB783-ABB3-4747-88BA-AF3E66A7ACF1/0/2013c89pub.pdf>, augustus 2013.
- ³¹ <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0054-Energieverbruik-per-energie drager.html?i=6-40>.
- ³² <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/>
- ³³ <http://www.co2ntramine.nl/wp-content/uploads/2013/05/Basiskennis-aardgas-mei-2013-co2ntramine-Herman-Damveld.pdf>, 28 mei 2013.
- ³⁴ <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/industrie-energie/publicaties/artikelen/archief/2013/2013-3868-wm.htm>, 18 juli 2013.
- ³⁵ NEA, Technology Roadmap Nuclear Energy, Paris, http://www.iea.org/papers/2010/nuclear_roadmap.pdf, 16 June 2010.
- ³⁶ NEA, Technology Roadmap Nuclear Energy, Paris, http://www.iea.org/papers/2010/nuclear_roadmap.pdf, 16 June 2010, p. 20.
- ³⁷ <http://www.guardian.co.uk/politics/2010/jul/22/lobbying-axeing-sheffield-forgemasters-loan>, 22 juli 2010.
- ³⁸ 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.
- ³⁹ 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.
- ⁴⁰ 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.
- ⁴¹ 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_secure_energy_factsheet_4.
- ⁴² <http://www.peopleplanetprofit.be/beelden/oko-instituut.pdf>, maart 2007.
- ⁴³ Tabel totale (directe en indirecte) CO₂-uitstoot per kilowattuur (gram/kWh)
- | brandstof | uitstoot |
|---------------------|------------|
| aardgas | 448 |
| steenkool | 924 |
| kolenvergassing | 800 |
| warmte kracht (gas) | 300 |
| uranium | 62 tot 230 |

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.

⁴⁴ Herman Damveld et. al. "Atoomafval in beweging", uitgave Milieufederatie Groningen, 1982, p 7.

⁴⁵ Nota inzake het kernenergiebeleid, Tweede kamer zitting 1971-1972. 11 761 nr 2.

⁴⁶ 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 2000 zo'n 6,6 miljoen ton uranium nodig zijn geweest. Vanaf het jaar 2000 tot heden nog eens 4,7 miljoen ton uranium. In totaal dus 11,3 miljoen ton uranium.

⁴⁷ Nuclear Energy Agency, "Uranium 2011: Resources, Production and Demand", Parijs, 2012.

⁴⁸ 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.

⁴⁹ Zie onder meer WISE/NIRS; Nuclear Monitor 699, 11 December 2009.

⁵⁰ 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.

⁵¹ NEA, Technology Roadmap Nuclear Energy, Paris, http://www.iea.org/papers/2010/nuclear_roadmap.pdf, 16 juni 2010.

⁵² 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%.

⁵³ http://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:44011505, oktober 2012.

⁵⁴ Tweede Kamer, vergaderjaar 2006-2007, stuk 30.000, nr. 42, 25 oktober 2006.

⁵⁵ <http://www.world-nuclear-news.org/ENF-Kazakhstan-tops-uranium-league-2701147.html>, 27 januari 2014.

⁵⁶ www.antenna.nl/wise/uranium.pdf, 23 juli 2011.

⁵⁷ <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.

⁵⁸ <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.

⁵⁹ <http://www.laka.org/nieuws/2012/06-opwerking.pdf>, 20 april 2012.

⁶⁰ R. Jansma, "Ontwikkelingen met betrekking tot eindverwerking van gebruikte splijtstof", NRG, Petten, 13 april 2005, p 22.

⁶¹ Email Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef, Plaatsvervangend directeur COVRA aan Herman Damveld dd. 11 januari 2013.

⁶² <http://www.covra.nl/over-covra/organisatie>.

⁶³ Email Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef, Plaatsvervangend directeur COVRA aan Herman Damveld dd. 11 januari 2013.

⁶⁴ <http://www.covra.nl/jaarrapport-2013>, pp. 56 en 57.

⁶⁵ Email Dr. Ir. Ewoud V. Verhoef, Plaatsvervangend directeur COVRA aan Herman Damveld dd. 11 januari 2013.

⁶⁶ <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.

⁶⁷ 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).

⁶⁸ Milieu-effect rapport (behorende bij de aanvraag tot wijziging van de Kew-vergunning van COVRA NV), COVRA, 1995, samenvatting p. 5 en 13.

⁶⁹ <http://www.covra.nl/infocentrum/opera>, rapport CORA (Commissie Opberging Radioactief Afval, 1995-2001).

-
- ⁷⁰ Herman Damveld, “Touwtrekken om radioactief afval. 25 Jaar plannen maken voor opslag in zoutkoepels “ Groningen, 2001.
- ⁷¹ Commissie Opberging te Land (OPLA), Onderzoek naar de geologische opberging van radioactief afval in Nederland. Eindrapport Aanvullend onderzoek van Fase 1 (1A), (1993).
- ⁷² <http://www.greenpeace.nl/Global/nederland/image/2011/publicaties/TASurveyrapport.pdf>, 7 maart 2011.
- ⁷³ <http://www.wineenmegaton.nl/tussenstand>.
- ⁷⁴ 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.
- ⁷⁵ <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.
- ⁷⁶ 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.
- ⁷⁷ 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>.
- ⁷⁸ <http://www.covra.nl/nieuws/2011/07/start-onderzoeksprogramma-eindberging-radioactief-afval-opera>, 5 juli 2011.
- ⁷⁹ OPERA-PG-COV002 Meerjarenplan Opera, 5 juli 2011.
- ⁸⁰ <http://www.co2ntramine.nl/wp-content/uploads/2013/10/Kernafval-2013-beheersopties-zienswijze-Damveld-co2ntramine.pdf>, 27 oktober 2013.
- ⁸¹ “Zuid-Friesland kandidaat voor berging kernafval”, Leeuwarder Courant, 10 en 11 juli 2014;
<http://www.lc.nl/friesland/regio/video-terwispel-niet-vrolijk-van-kernafval-17373973.html#.U9tOpPEcR1s>.
- ⁸² 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>.
- ⁸³ 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/endungfassung_sicherheitsanforderungen_bf.pdf, juli 2009.
- ⁸⁴ 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.
- ⁸⁵ Nuclear Energy Agency, "Radioactive Waste Management in Perspective", Parijs, juni 1996.
- ⁸⁶ Herman Damveld, "Atoomafval in Beweging": februari 2012, p.13:
<http://www.wisenederland.nl/sites/default/files/images/kernafval%20in%20beweging.pdf>
- ⁸⁷ <http://www.energiestiftung.ch/files/downloads/energiethemen-atomenergie-atommuell-kampagne/2012-nuclear-waste-web.pdf>, mei 2012. Herman Damveld en Dirk Bannink, “Management of spent fuel and radioactive waste. State of affair, a worldwide overview”, <http://www.co2ntramine.nl/wp-content/uploads/2012/06/Management-of-spent-fuel-and-radioactive-waste-2012.pdf>, mei 2012.
<http://energy.gov/sites/prod/files/Strategy%20for%20the%20Management%20and%20Disposal%20of%20Used%20Nuclear%20Fuel%20and%20High%20Level%20Radioactive%20Waste.pdf>, 11 januari 2013.
<http://www.zeit.de/wirtschaft/2013-04/neusuche-gorleben-endlager-atommuell>, 9 april 2013; wetstekst:
<http://www.ndr.de/regional/niedersachsen/endlager199.pdf>.
http://www.polsoz.fu-berlin.de/polwiss/forschung/systeme/ffu/veranstaltungen/termine/downloads/13_salzburg/Auffermann-Salzburg-2013-oV.pdf, Onkalo: Recent policies on the disposal of nuclear waste in Finland Burkhard Auffermann, Finland Futures Research Centre, “Climate Policy Strategies and Energy Transition”, session on “Nuclear Waste Governance in Comparison”, Schloss Leopoldskron, Salzburg, August 26, 2013.
<http://www.suedkurier.de/nachrichten/baden-wuerttemberg/themensk/Die-Standortfrage-bleibt-vorerst-offen:art417921.6638398>, 24 januari 2014.
<https://www.taz.de/Atommuell-Endlager-in-Frankreich!/132874/13> februari 2014.
http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2014-02-12_-_Stockage_dechets_radioactifs_Meuse-Hte_Marne.pdf, 12 februari 2014.
<http://www.debatpublic-cigeo.org/docs/cr-bilan/bilan-cpdp-cigeo.pdf>, 12 februari 2014.
http://www.bfe.admin.ch/radioaktiveabfalle/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>.
- ⁸⁸ <http://www.world-nuclear-news.org/WR-Delay-in-Finnish-repository-licence-review-2606144.html>, 26 juni 2014.
- ⁸⁹ http://www.world-nuclear-news.org/WR-Application_in_for_Finnish_repository-0201134.html, 2 januari 2013.
- ⁹⁰ <http://www.mainpost.de/ueberregional/politik/zeitgeschehen/Endlager-in-Bergstollen-statt-unter-der-Erde:art16698,6002773>, 25 februari 2011.
- ⁹¹ <http://de.euronews.com/2014/06/27/europas-atomare-endlager/> 27 juni 2014.
- ⁹² Commissie Opberging te Land (OPLA), Onderzoek naar de geologische opberging van radioactief afval in Nederland. Eindrapport Aanvullend onderzoek van Fase 1 (1A), (1993).
- ⁹³ 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.
- ⁹⁴ Christa Garms-Babke, 'Die Unvereinbarkeit nicht-rückholbarer Endlagerung radioaktiver Abfälle mit dem Grundgesetz', Frankfurt, 2002.
- ⁹⁵ Commissie Opberging te Land (OPLA), Onderzoek naar de geologische opberging van radioactief afval in Nederland. Eindrapport Aanvullend onderzoek van Fase 1 (1A), (1993).
- ⁹⁶ http://www.sp.nl/onderzoek/normen_waarden_radioactiefafval.pdf, 2003.
- ⁹⁷ 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.
- ⁹⁸ http://www.cowam.com/IMG/pdf_cowam2_WP4.pdf, Long term governance WP4 Long term governance for radioactive waste Management, december 2006.
- ⁹⁹ 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.
- ¹⁰⁰ Herman Damveld, "Touwtrekken om kernafval", Groningen, juni 2001, p 10.
- ¹⁰¹ http://www.bfs.de/de/bfs/presse/aktuell_press/stabilisierung_morsleben.html, 11 mei 2011.
- ¹⁰² 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.
- ¹⁰³ Asse Einblicke, nr. 13, mei 2011, p 2.
- ¹⁰⁴ http://www.asse.bund.de/DE/2_WasIst/Geschichte/_node.html.
- ¹⁰⁵ Süddeutsche Zeitung, 25 juni 2008. BMU, persbericht 2 september 2008.
- ¹⁰⁶ Bündnis90 Die Grünen, "Asse-Chronik – Vom Umgang mit Atommüll in Niedersachsen", Hannover, juni 2009.
- ¹⁰⁷ 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.
- ¹⁰⁸ <http://www.heute.de/ZDFheute/inhalt/15/0,3672,7621807,00.html>.
- ¹⁰⁹ TV-programma "Hartaberfair", Erste Deutsche Fernsehen, 18 augustus 2009.
- ¹¹⁰ Pressemitteilung des Bundesamtes für Strahlenschutz, 3 september 2009, 29/09.
- ¹¹¹ "Merkel sichert Sanierung von Asse zu", <http://www.mdr.de/nachrichten/6657769.html>.
- ¹¹² "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 Wissenstands die vollständige Rückholung der Abfälle aus der Asse anzustreben ist."
- ¹¹³ <http://www.contratom.de/news/rssanzeige.php?newsid=20658>, 16 januari 2010.
- ¹¹⁴ http://www.fr-online.de/top_news/2243215_Milliardengrab-Asse.html, 29 januari 2010.
- ¹¹⁵ <http://umwelt-panorama.de/news.php?id=1332>, 6 februari 2010.
- ¹¹⁶ Asse Einblicke, nr. 13, mei 2011, p 1; http://www.endlager-asse.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/2011/0528_asse_einblicke.html, mei 2011.
- ¹¹⁷ Asse Einblicke, nr. 13, mei 2011, p 1.

- ¹¹⁸ Asse Einblicke, nr. 13, mei 2011, p 2.
- ¹¹⁹ Asse Einblicke, nr. 13, mei 2011, p 2.
- ¹²⁰ <http://www.n-tv.de/politik/Asse-Bergung-wird-Langzeitprojekt-article12392966.html>, 4 maart 2014.
- ¹²¹ Asse Einblicke, nr. 13, mei 2011, p 2.
- ¹²² <http://www.energiestiftung.ch/files/downloads/energiethemen-atomenergie-atommuell-atommuell-kampagne/2012-nuclear-waste-web.pdf>, mei 2012.
- ¹²³ <http://www.landtag-niedersachsen.de/untersuchungsausschuesse/>, 8 november 2012.
- ¹²⁴ <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2012/12/2012-12-5-asse-gesetz.html>, 6 december 2012.
- ¹²⁵ 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.
- ¹²⁶ Asse Einblicke, nr. 13, mei 2011, p 1.
- ¹²⁷ Bundesamt für Strahlenschutz, "Endlager Morsleben. Betriebliche Sicherheit und Strahlenschutz für Mensch und Umwelt", maart 2014.
- ¹²⁸ <http://www.wipp.energy.gov/fctshts/Chronology.pdf>, 5 februari 2007.
- ¹²⁹ 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.
- ¹³⁰ http://www.wipp.energy.gov/fctshts/Why_WIPP.pdf, 5 februari 2007.
- ¹³¹ 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.
- ¹³² Nuclear Fuel, 9 maart 1998, p 6 en 7.
- ¹³³ Nucleonics Week, 15 oktober 1992. p 8.
- ¹³⁴ WISE News Communiqué 389, 19 november 1993, p 6.
- ¹³⁵ Nuclear Fuel, 1 juni 1998, p 11 en 12.
- ¹³⁶ WISE News Communiqué, 21 augustus 1998, p 2.
- ¹³⁷ http://www.cardnm.org/backfrm_a.html.
- ¹³⁸ http://www.cardnm.org/backfrm_a.html.
- ¹³⁹ <http://www.wipp.energy.gov/shipments.htm>, 11 februari 2014.
- ¹⁴⁰ 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.
- ¹⁴¹ http://www.world-nuclear-news.org/WR-More_room_at_WIPP-0508137.html, 5 augustus 2013.
- ¹⁴² <http://nuclearactive.org/> ACTION ALERT – AN INDEPENDENT INVESTIGATION OF WIPP IS NEEDED, 5 april 2014.
- ¹⁴³ http://www.cardnm.org/nonkarstfrm_a.html.
- ¹⁴⁴ <http://www.world-nuclear-news.org/RS-WIPP-radiation-under-investigation-2702144.html>, 27 februari 2014.
- ¹⁴⁵ <http://www.wipp.energy.gov/wipprecovery/recovery.html>.
- ¹⁴⁶ http://www.wipp.energy.gov/wipprecovery/path_forward.html, 5 april 2014.
- ¹⁴⁷ <http://www.nmenv.state.nm.us/wipp/documents/PublicNoticeforNMEDWithdrawal3202014English.pdf>, 21 maart 2014.
- ¹⁴⁸ <http://safeenergy.org/2014/03/26/the-wipp-story-will-be-a-saga/>, 26 maart 2014.
- ¹⁴⁹ Anselm Tiggemann, „Gorleben als Entsorgungs- und Endlagerstandort“, erstellt im Auftrag des Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz, mei 2010.
- ¹⁵⁰ <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.
- ¹⁵¹ http://www.asse.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/1_asse_einblicke/asse_einblicke_25.pdf?__blob=publicationFile, juli 2014.
- ¹⁵² Bundestag, hib-Meldung, 8 augustus 2008, 2008_227/01.
- ¹⁵³ <http://www.zeit.de/wirtschaft/2013-04/neusuche-gorleben-endlager-atommuell>, 9 april 2013; wetstekst: <http://www.ndr.de/regional/niedersachsen/endlager199.pdf>.

-
- ¹⁵⁴ <http://www.heute.de/ZDFheute/inhalt/12/0,3672,7620332,00.html>; ZDF, Heute Nachrichten, 26 augustus 2009.
- ¹⁵⁵ 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 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.
- ¹⁵⁶ http://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/lueneburg_heide_unterelbe/Live-Wie-geht-es-weiter-mit-Gorleben.gorleben1654.html, 29 juli 2014.
- ¹⁵⁷ <http://www.umwelt.niedersachsen.de/aktuelles/pressemittelungen/bund-und-niedersachsen-einigen-sich-auf-ausgestaltung-der-offenhaltung-fuer-gorleben-126690.html>, 29 juli 2014.
- ¹⁵⁸ "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.
- ¹⁵⁹ Europese Commissie, "Proceedings of the Workshop on Partitioning and Transmutation of Minor Actinides", Karlsruhe, 16-18 oktober 1989, p V.
- ¹⁶⁰ Stan Gordelier, hoofd Nucleaire Ontwikkeling, Nuclear Energy Agency, in: Technisch Weekblad, 25 april 2009, pagina 5.
- ¹⁶¹ 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.
- ¹⁶² Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, Aangangs nr 545, antwoorden Minister EZ, Andriessen op vragen Feenstra en Zijlstra, 1 mei 1991.
- ¹⁶³ <http://www.world-nuclear-news.org/WR-UK-considers-options-for-unreprocessed-foreign-fuel-0403144.html>, 4 maart 2014.
- ¹⁶⁴ <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.
- ¹⁶⁵ <http://www.nucnet.org/all-the-news/2014/05/06/france-and-japan-announce-cooperation-on-generation-iv-astrid-fbr>, 6 mei 2014.
- ¹⁶⁶ <http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull222/22204883033.pdf>.
- ¹⁶⁷ <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.
- ¹⁶⁸ <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Fuel-loading-begins-at-fast-reactor-0302147.html>, 3 februari 2014.
- ¹⁶⁹ <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Russia-celebrate-two-industry-firsts-at-Beloyarsk-and-Obninsk-2706141.html>, 27 juni 2014.
- ¹⁷⁰ Human Interference Task Force, Reducing the Likelihood of Future Human Activities That Could Affect Geologic High-level Waste Repositories Technical Report, May 1984.
- ¹⁷¹ Expert Judgment on Markers to Deter Inadvertent Human Intrusion into the Waste Isolation pilot Plant. Sandia National Laboratories, December 1991.
- ¹⁷² 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.
- ¹⁷³ Science magazine: A million year hard-disk, 12 July 2012.
- ¹⁷⁴ Multigenerational Warning Signs, Charles Dunn, March 17, 2011. <http://large.stanford.edu/courses/2011/ph241/dunn2/>.
- ¹⁷⁵ Dennis Duncan, "Backwards and Forwards with the Atomic Priesthood," Alluvium, Vol. 1, No. 2 (2012): n. pag. Web. 1 July 2012.
- ¹⁷⁶ Susan Garfield: "Atomic Priesthood" is Not Nuclear Guardianship, in: Nuclear Guardianship Forum, Issue # 3, Spring 1994.
- ¹⁷⁷ 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.
- ¹⁷⁸ Die Zeit (Germany), 22 August 2012; <http://www.zeit.de/wissen/umwelt/2012-08/atommuell-atomsemiotik>.
- ¹⁷⁹ 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.

¹⁸⁰ 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>.

¹⁸¹ No to spent fuel 'disposal', Nuclear Engineering International, 3 juli 2012

www.neimagazine.com/story.asp?sectioncode=188&storyCode=2062682.

¹⁸² <http://www.co2ntramine.nl/marking-nuclear-waste-disposal-facilities/>, 19 september 2012.

¹⁸³ <http://www.oecd-nea.org/rwm/rkm/>.

¹⁸⁴ <http://www.oecd-nea.org/rwm/docs/2013/rwm-r2013-5.pdf>, december 2013.

¹⁸⁵ http://www.onjo.nl/Item.2569.0.html?no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=41568, 25 maart 2011.

¹⁸⁶ <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.

¹⁸⁷ <http://www.co2ntramine.nl/421-bedrijfsstoringen-kerncentrale-borssele/>, 3 november 2013.

¹⁸⁸

http://www.ilent.nl/onderwerpen/leefomgeving/nucleair_en_straling/nucleair/nucleaire_installaties/ongewone_gebeurtenissen_2013/.

¹⁸⁹ Large and Associates, ASSESSMENTS OF THE RADIOLOGICAL CONSEQUENCES OF RELEASES FROM EXISTING AND PROPOSED EPR/PWR NUCLEAR POWER PLANTS IN FRANCE, maart 2007.

¹⁹⁰ <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.

¹⁹¹ World Nuclear News, http://www.world-nuclear-news.org/RS-EPR_design_NRC_not_happy_yet-2607107.html, 26 July 2010.

¹⁹²

<http://www.platts.com/RSSFeedDetailedNews.aspx?xmlpath=RSSFeed/HeadlineNews/Nuclear/6252295.xml>, 3 augustus 2010.

¹⁹³ <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/news/2010/10-130.html>.

¹⁹⁴ "The EPR in Crisis", in: Nuclear Monitor, 12 november 2010, No 719/720, p 1 tot 17.

¹⁹⁵ <http://bit.ly/js3tkI>, 25 juli 2011; http://www.lemonde.fr/planete/article/2011/07/25/greenpeace-souligne-les-failles-de-l-epr-en-cas-de-panne-electrique_1552664_3244.html;

<http://www.google.com/hostednews/afp/article/ALeqM5iKtqI4gVBDGsNee5trqyFYIqTS3A?docId=CNG.b2e3023bd6a92351deec0abbe585f880.531>.

¹⁹⁶

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.

¹⁹⁷ 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.

¹⁹⁸ Nucleonics Week, 13 maart 2003, p. 11.

¹⁹⁹ <http://ikregeer.nl/documenten/ah-tk-20102011-2307>, 18 mei 2011;

<http://www.verzekeraars.nl/UserFiles/Image/Jaarverslag%20ATP%202009%20Bureau.pdf>.

²⁰⁰ 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.

²⁰¹ www.laka.org/nieuws/2012/09-aansprakelijkheid.pdf.

²⁰² Herman Damveld. "Tsjernobyl, 10 jaar later", Greenpeace Chernobyl Papers No. 4, maart 1996.

²⁰³ <http://www.reuters.com/article/2011/03/31/us-tepco-compensation-idUSTRE72U06920110331>, 31 maart 2011.

²⁰⁴ www.greenpeace.org/belgium/Global/.../NL%20liability_briefing_eloï.d..

²⁰⁵ Stuurgroep Project Herbezinning Kernenergie, SPH-06-13 Hoofdrapport, Economische schade van een ongeval met een kerncentrale.

²⁰⁶ Antony Frogatt et al., Mythos Atomkraft, Heinrich Böll Stiftung, 2010, pp 38-42.

²⁰⁷ <http://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/201407msc-worldnuclearreport2014-hr-v1.pdf>, 29 juli 2014, p 8.

- ²⁰⁸ <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.
- ²⁰⁹ <http://fd.nl/ondernemen/509856-1204/delta-bereidt-zich-voor-op-jarenlange-somberheid-op-nederlandse-energiemarkt?visited=true>, 12 april 2012.
- ²¹⁰ <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.
- ²¹¹ http://www.ucsusa.org/nuclear_power/nuclear_power_and_global_warming/nuclear-power-subsidies-report.html, 23 februari 2011.
- ²¹² World Nuclear News, 26 januari 2011.
- ²¹³ 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.
- ²¹⁴ Nuclear Monitor, 29 oktober 2010, No 718, p 1 en 2.
- ²¹⁵ http://www.energycentral.com/functional/news/news_detail.cfm?did=19038375, 2 maart 2011.
- ²¹⁶ 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.
- ²¹⁷ <http://www.world-nuclear-news.org/C-Exelon-plants-in-question-2805141.html>, 28 mei 2014.
- ²¹⁸ <http://www.world-nuclear-news.org/C-US-plants-suffer-under-challenging-economy-1002147.html>, 10 februari 2014.
- ²¹⁹ http://www.energycentral.com/functional/news/news_detail.cfm?did=31538985&, 14 februari 2014.
- ²²⁰ www.guardian.co.uk/environment/2013/jul/11/nuclear-renaissance-power-myth-us, 11 juli 2013.
- ²²¹ <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Issuance-of-Vogtle-loan-guarantees-2002144.html>, 20 februari 2014.
- ²²² “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.
- ²²³ Technisch Weekblad, 12 februari 2011, p 1.
- ²²⁴ <http://www.world-nuclear-news.org/C-Suppliers-raise-Olkiluoto-3-damages-claim-3110134.html>, 31 oktober 2013.
- ²²⁵ <http://www.tvo.fi/news/190>, 12 februari 2014.
- ²²⁶ <http://uk.reuters.com/article/2014/02/28/tvo-olkiluoto-idUKL6N0LX3XQ20140228>.
- ²²⁷ <http://www.bloomberg.com/news/2010-07-06/edf-s-epr-reactor-at-flamanville-is-delayed-by-24-months-le-figaro-says.html>.
- ²²⁸ <http://de.news.yahoo.com/2/20100729/tts-gewerkschaften-rechnen-mit-kostenexp-c1b2fc3.html>, 29 juli 2010.
- ²²⁹ http://press.edf.com/fichiers/fckeditor/Commun/Presse/Communiqués/EDF/2010/cp_20100730_va.pdf, 30 juli 2010.
- ²³⁰ 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&utm_medium=email, 21 juli 2011.
- ²³¹ <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>.
- ²³² http://www.world-nuclear-news.org/NN-Flamanville_costs_up_2_billion_Euros-0412127.html, 4 december 2012.
- ²³³ <http://www.nucnet.org/announcement/the-cost-of-a-nuclear-power-plant>, februari 2014.
- ²³⁴ <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Vessel-installed-at-French-EPR-2701144.html>, 27 januari 2014.
- ²³⁵ Charles Hendry, New Nuclear Power Stations- Westminster Hall UK Parliamentary debate, 13 July 2010, column 232WH.
- ²³⁶ <http://www.taz.de/1/zukunft/umwelt/artikel/1/nicht-ohne-staatliche-hilfen/>, 20 juli 2010.
- ²³⁷ <http://www.reuters.com/article/2011/07/06/us-nuclear-citigroup-idUSTRE76548820110706>, 6 juli 2011.
- ²³⁸ <http://www.bbc.co.uk/news/business-24604218>, 21 oktober 2013.

-
- ²³⁹ <http://www.theguardian.com/business/2013/dec/18/hinkley-point-c-nuclear-subsidy-european-commission>, 18 december 2013.
- ²⁴⁰ http://ec.europa.eu/competition/state_aid/cases/251157/251157_1507977_35_2.pdf, 18 december 2013.
- ²⁴¹ <http://www.greenpeace.org/eu-unit/en/News/2014/EU-investigation-calls-Hinkley-nuclear-deal-into-question/>, 31 januari 2014.
- ²⁴² <http://www.thetimes.co.uk/tto/business/industries/utilities/article3992127.ece>, 1 februari 2014.
- ²⁴³ <http://www.world-nuclear-news.org/NP-Europe-lists-concerns-over-Hinkley-deal-0302144.html>, 3 februari 2014.
- ²⁴⁴ NuClear News, No.58, January 2014, <http://www.no2nuclearpower.org.uk/nuclearnews/NuClearNewsNo58.pdf>
- ²⁴⁵ <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.
- ²⁴⁶ <http://www.laka.org/info/publicaties/2008-thorium.pdf>.
- ²⁴⁷ 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>.
- ²⁴⁸ <http://www.world-nuclear.org/info/Current-and-Future-Generation/Thorium/>, 16 november 2013.
- ²⁴⁹ <http://www.pressenza.com/2014/03/thorium-solve-nuclear-weapons-problem/>, Thorium does not solve nuclear weapons problem, 4 maart 2014.
- ²⁵⁰ <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.”
- ²⁵¹ http://www.ucsusa.org/assets/documents/nuclear_power/thorium-reactors-statement.pdf.
- ²⁵² 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>.
- ²⁵³ <http://www.world-nuclear.org/info/Current-and-Future-Generation/Nuclear-Fusion-Power/>, december 2013.