

# KERNENERGIE VOOR POLITICI

## Bittere noodzaak of politieke waan?

Een Feitenanalyse  
Revisie 1  
5 maart 2024

### 1. Nederland en kernenergie

Kernenergie is tijdens de laatste campagne vol uit het stof gehaald. De VVD en BBB willen in Gelderland 4 Small Modular Reactors gaan bouwen (ca 300 MWe per stuk) en de VVD wil landelijk 4 nieuwe kerncentrales bouwen, zie hun recente verkiezingsprogramma. Ook de PVV, die klimaatbeleid onzin vindt, is groot voorstander van kerncentrales, naast het openhouden van kolencentrales.

De weerstand tegen kernenergie is de afgelopen jaren in Nederland afgenomen. Dat komt mede doordat de nieuwe generatie kerncentrales veiliger is of lijkt. Daarnaast neemt het besef toe – zeker door de oorlog van Rusland tegen Oekraïne en de daaruit voortvloeiende energiecrisis - dat Nederland minder afhankelijk moet worden van energie (olie, gas) uit het buitenland. Ten slotte is er steeds meer draagvlak voor het terugdringen van CO<sub>2</sub>-emissies. Inzet van kernenergie zou daaraan bij kunnen dragen. De rijksoverheid gaat in toekomstige scenario's voor de energievoorziening van Nederland uit van 5 tot 10% aandeel van kernenergie in de energiemix.

Sommige politici presenteren kernenergie als alternatief voor windmolens of zonnepanelen, omdat deze het landschap aantasten en overlast kunnen brengen. Het klopt dat er in veel regio's weerstand is tegen plaatsing van windmolens en ook – in toenemende mate – tegen zonneparken in weilanden. Maar bij het bepleiten van kernenergie wordt vergeten hoeveel weerstand een kerncentrale in het dichtbevolkte Nederland op zal leveren.

Niet alleen vanwege het risico van een kernongeluk zoals gebeurd is in Tsjernobyl en Fukushima waarbij een gebied van 25 km rond een centrale voor 100 jaar onbewoonbaar wordt. Ook omdat bouw en exploitatie van kerncentrales een enorme impact hebben op landschap, infrastructuur en leefomgeving.

Zolang Zeeland, de Maasvlakte of Groningen aangewezen worden als mogelijke locatie, blijft de rest van Nederland rustig, zo is de gedachte, maar een locatie aan de kust is eigenlijk niet logisch met het oog op de naderende zeespiegelstijging. Wie zegt dat een locatie aan zee over 50 jaar nog voldoende veilig is?

Kerncentrales bouwen kosten veel tijd. Er wordt gezegd dat nieuwe kerncentrales er over 10 jaar kunnen staan, maar de laatste paar projecten in Europa gaan naar een doorlooptijd van 15 jaar toe. In Nederland lopen nu twee jaar voorbereidingen voor de bouw van 2 centrales. Het doorlopen van alle ruimtelijke procedures én het afsluiten van overeenkomsten met bouwers en exploitanten zal nog eens vijf jaar vanaf nu vragen. De bouwtijd zal daarna zeker 10 jaar vergen. Dat betekent dat de nieuwe kerncentrales niet eerder dan 2040 in exploitatie zullen komen.

De lange voorbereidings- en bouwtijd brengt een zeer grote rentelast met zich mee, die de nominale bouwkosten kan verdubbelen. Dit is een dermate groot risico dat banken zich niet zullen wagen aan een dergelijk project en de overheid als bank dient te fungeren. Stroom uit kernenergie kan bij lange na niet concurreren met duurzame stroom en heeft dus ook miljarden aan subsidie nodig om te kunnen concurreren met duurzame stroom uit wind, zon en fossiel.

Naast het kosten aspect zorgt de lange bouwtijd voor mosterd na de klimaatmaaltijd. Klimaatverandering gaat dusdanig snel, dat we nog sneller naar een CO<sub>2</sub> neutrale samenleving

moeten, maar de eerste centrale zal op zijn vroegst in 2040 klaar kunnen zijn. Dus als we kernenergie al moeten willen, is allerminst gegarandeerd dat nieuwe kerncentrales helpen bij het op tijd halen van onze klimaatdoelen.

Wat is dan een mogelijk alternatief als er geen duurzame stroom beschikbaar is?

## 2. Wat doen we als de zon niet schijnt en wind niet waait?

Dan zegt de kernlobby dat we een kerncentrale nodig hebben. Is dit waar of fictie?

Het klopt dat wind- en zonne-energie zorgen voor een sterk wisselend aanbod van energie: veel productie in de zomer en op momenten van veel zon/licht in combinatie met veel wind; weinig productie in de winter en bij weinig wind. In de wintermaanden is de energievraag juist relatief hoger. We hebben dus in ons toekomstige energiesysteem voorzieningen nodig om het verschil tussen opgewekte en gevraagde energie te overbruggen.

Kernenergie zou daaraan in theorie kunnen bijdragen, maar er is een groot praktisch nadeel. Kerncentrales renderen alleen optimaal bij het produceren van een constante stroom van elektriciteit. Alleen kernenergie produceren in de herfst- en wintermaanden betekent dat de kostprijs van de opgewekte kernstroom heel sterk stijgt. Daarnaast is het flexibel op- en afschalen van stroomopwekking - op momenten dat windenergie te weinig levert - bij kerncentrales niet mogelijk. Sterker nog: op momenten in het jaar dat het aanbod van zonne- en windenergie in Nederland piekt, is de productie van kernenergie niet nodig en zal die kernstroom ver onder kostprijs gedumpt moeten worden.

Er lijken veel betere en snellere alternatieven te zijn. Op langere termijn kunnen elektriciteitsoverschotten omgezet worden in groene waterstof. Die waterstof kan worden opgeslagen en in energiecentrales weer worden omgezet in elektra in periodes en op momenten dat wind- en zonne-energie te weinig opleveren,

Vooruitlopend op de komst van groene waterstof kunnen we een gascentrale op blauwe waterstof laten draaien. Blauwe waterstof wordt gemaakt uit aardgas, maar dan wordt de CO<sub>2</sub> voor 95% afgevangen en opgeslagen in ondergrondse gasvelden op zee. Dit geeft een energiecentrale die maar 1% van de CO<sub>2</sub> uitstoot als een kolencentrale, slechts 15 g/kWh! Ter vergelijking, de huidige gemiddelde uitstoot is nog steeds 300 g/kWh inclusief alle duurzame stroom.

Een blauwe waterstofcentrale kan binnen 4 jaar vergund en gebouwd worden, dus nog voordat batterijen en groene waterstof een significante rol in de energietransitie en energieopslag gaan spelen.

<https://www.engie.nl/over-ons/kennisbank/nieuws/230231102-maxima-waterstof-omroepflevoland>

Deze blauwe waterstofcentrale is ook veel sneller te bouwen dan kernenergie, zonder subsidie van de overheid en uiteraard volkomen veilig, net als een standaard aardgascentrale. Daarnaast kan een blauwe waterstof centrale wel dagelijks aan en uit gezet worden, wanneer duurzame stroom niet voorhanden is.

Dit voorbeeld bewijst dat het helemaal niet nodig is om nieuwe kerncentrales te bouwen. Net als aardgas is uranium een eindige bron van energie, alleen kan blauwe waterstof sneller, goedkoper en

veiliger gebouwd worden dan een kerncentrale. Uiteraard is blauwe waterstof ook niet duurzaam op de lange termijn, maar kan eenvoudig uitgefaseerd worden.

Op middellange termijn (15-25 jaar) kan blauwe waterstof langzaam door groene waterstof vervangen uit wind, zon en water, echte duurzame bronnen. Daarnaast zullen batterijen en andere opslagsystemen een grotere rol gaan spelen in ons totale duurzame energie systeem (zeker als het gaat om het opvangen van pieken en dalen in vraag en aanbod gedurende de dag of de week), wat meer op elektriciteit toegespitst zal zijn dan nu.

Een kerncentrale gebouwd voor uranium kan echter niet gebruikt worden voor thorium, dit zijn totaal andere principes.

### 3. Kernenergie – alle voor- en nadelen op een rijtje

	<b>Voordelen kernenergie</b>		<b>Nadelen kernenergie</b>
1.	In de exploitatie (bijna) CO2 neutraal, bouw stoot wel veel CO2 uit vanwege gebruik van beton	1.	Voorraden uranium zijn eindig, dus in dit opzicht net zo duurzaam als fossiel.
2.	Beperkt ruimtegebruik althans vergeleken met windenergie	2.	Kans op kernramp, zeker ook met stijgende zeespiegel.
3.	Twee derde van de uranium voorraden liggen in bevriende landen van de democratie	3.	Veel duurder dan zon- en wind, circa 0,15 euro/kWh of meer
		4.	Radioactief afval
		5.	Zeer lang vergunningentraject, ca 10 jaar inclusief beroepsprocedures van omwonenden
		6.	Zeer lang bouwtraject, zie Finland, 18 jaar voor 1600 MW. In 1 jaar bouwen we meer windvermogen op zee
		7.	Gigantische hoeveelheid nodig voor koelwater, slecht voor waterkwaliteit
		8.	Thorium is een nieuwe alternatieve brandstof voor kerncentrales, maar is een nog steeds geen bewezen techniek en ook deze voorraad is eindig
		9.	Kerncentrales zijn niet regelbaar, kunnen niet aangezet worden wanneer wind en zon niet beschikbaar zijn.
		10.	Impact van (bouw van) nieuwe centrales op landschap en lokale gemeenschappen is enorm

Kernenergie kent dus vele nadelen en feitelijk maar 2 voordelen, ze hebben de voorkeur om dicht bij zee te staan omdat ze een gigantische hoeveelheid aan koelwater nodig hebben. Laat daar nu ook het grote risico liggen met de zeespiegel stijging in het vooruitzicht. Is Borssele dan echt zo goede locatie?

Een ander gigantisch nadeel is de bouwduur. Er zijn de laatste 20-30 jaar vrijwel geen nieuwe kerncentrales gebouwd, dus Europese bedrijven zijn veel kennis en kunde ook echt kwijtgeraakt in deze tijdspanne! Los daarvan kent een kerncentrale ook een vergunningprocedure, waar omwonenden zeer zeker en zeer terecht in beroep zullen gaan, omdat blauwe en/of groene waterstofcentrales veel veiliger zijn.

Tegen de tijd dat de kerncentrale (voorbij 2040) gebouwd (zie Engeland en Finland) zou kunnen zijn, kan ook de elektriciteitsvoorziening allang verduurzaamd zijn met zon, wind en blauwe danwel groene waterstof.

#### 4. Nucleaire ongelukken tot nu toe

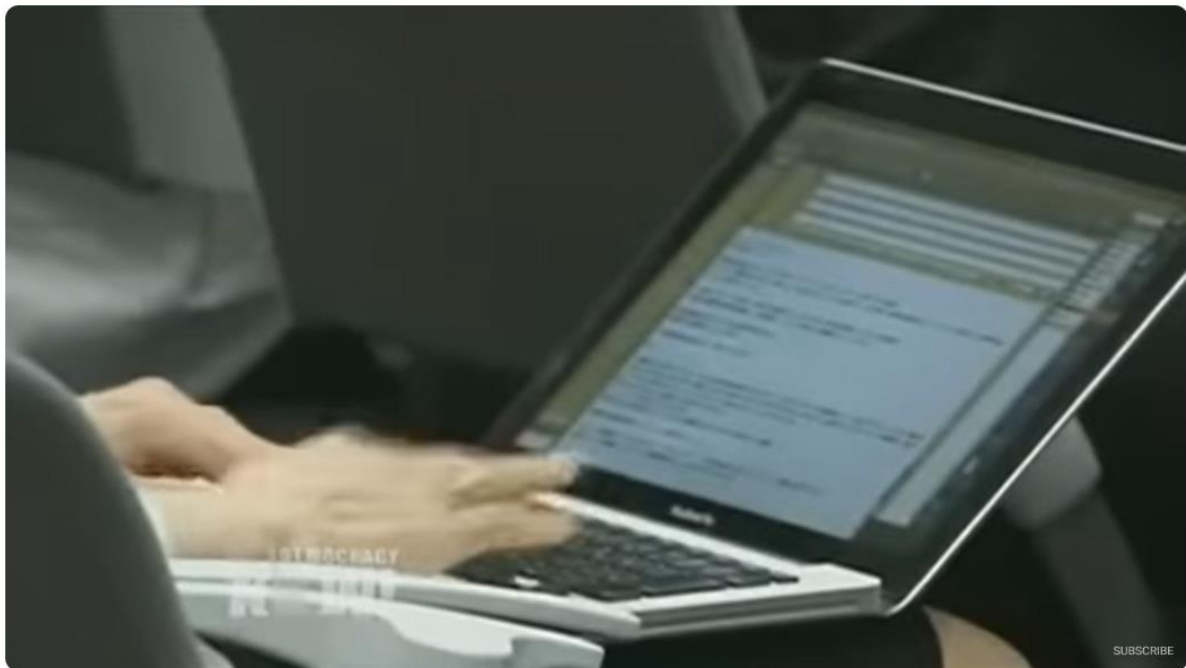
Er is een top tien van nucleaire ongelukken waarbij Three Miles Island, Tjernobyl en Fukushima de belangrijkste waren.<sup>1</sup> Met name de ramp in Fukushima had veel groter kunnen worden als de werknemers van Tepco de centrale hadden verlaten, iets wat de premier van Japan toen heeft verboden. Met name de spent fuel pools, die zich buiten de omhulling van het reactorgebouw bevinden, hadden kunnen leiden tot een nucleaire brand die niet te doven is. In deze pools zitten grote hoeveelheden gebruikte reactorstaven die moeten worden gekoeld.

Gemiddeld heeft er elke 12 jaar een kernsmelting plaatsgevonden.

Met in totaal 450 reactoren blijkt in de praktijk dat de kans op ongelukken veel hoger is dan op grond van de veiligheidsberekeningen zou blijken. De meeste theoretische risicoberekeningen gaan uit van een kans van één op de miljoen jaar. In de praktijk zitten we dus op een kans van eens in de 10.000 jaar, een factor 100 verschil met de theorie. Dit is gelijk aan de theoretische faalkans van een dijk...

Maar menselijke fouten zijn daarbij niet meegerekend. In de genoemde kernrampen waren dat de cruciale factoren. Bedieningsfouten en bij Fukushima een verkeerd ontwerp. Deze centrales waren bestand tegen tsunami's van 5 meter terwijl uit de geschiedenis bleek dat hogere tsunami's voorkomen.

De ramp was derhalve te voorkomen geweest, het was geen echte natuurramp maar een ramp door menselijk falen ontstaan.



As Japan Says Fukushima Disaster "Man-Made & Preventable", Fears Grow for Nuclear Plants Worldwide



Democracy Now!   
1,71 mln. abonnees

Abonneren

 60



 Delen

 Downloaden



<https://www.youtube.com/watch?v=aiuDQKazXLA>

<sup>1</sup> <https://www.processindustryforum.com/hot-topics/nuclear-disasters>

## 5. Rapporten

Er zijn geen rapporten die tot positieve uitkomsten komen voor de inzet van kernenergie zonder directe staatssteun, staatsgaranties of risicobeperkingen.

Bij de centrale in Sellafield is tussen de overheid en bouwer/exploitant overeengekomen dat de stroomprijzen op een bepaald niveau zijn gegarandeerd en mogen meestijgen met de inflatie. Gezien de grote kapitaaluitgaven (die stabiel blijven) leidt dat tot een positieve businesscase voor de bouwer/exploitant op langere termijn. Voor de overheid betekent het vrijwel zeker een omvangrijke subsidiestroom gedurende de bouw- en exploitatieperiode.

<https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i23474/berenschot-ce-delft-en-kalavasta-door-wind-en-zonne-energie-geen-behoefte-aan-kernenergie>

*'Het elektriciteitssysteem zal al vanaf volgend jaar vele honderden uren en vanaf 2030, als gevolg van het klimaatakkoord, vele duizenden uren kennen waarin zon en wind samen of afzonderlijk de gehele elektriciteitsvraag dekken', vervolgen de onderzoeksbureaus in hun reflectie. 'Een nieuw te bouwen kerncentrale komt dus al vanaf het eerste jaar in een elektriciteitssysteem dat geen basislast meer kent en daarmee is het ons inziens geen kostenefficiënte inzet van middelen, omdat onder andere eerder gedane investeringen in zon en wind in het kader van het klimaatakkoord minder rendabel worden, indien de kerncentrale het gehele jaar zou draaien. Mocht de kerncentrale alleen draaien als achtervang voor wind en zon dan is deze optie zowel technisch als economisch onaantrekkelijk.'*

Deze conclusie is zelfs ook door het Ministerie van EZK onderschreven via een ander onderzoek.

- Bijlage 1 – Eindige voorraad uranium
- Bijlage 2 – Gevolgen van een kernramp: Tsjernobyl en Fukushima
- Bijlage 3 – Kostprijs van kernenergie tov wind en zon
- Bijlage 4 – Transport en opslag van Kernafval
- Bijlage 5 – Vergunningentraject
- Bijlage 6 – Bouwtraject
- Bijlage 7 – Effect voor oppervlaktewater, danwel waterverbruik
- Bijlage 8 – Handel met uraniumrijke landen
- Bijlage 9 – Thorium als belofte
- Bijlage 10 – Aan en uitzetten kerncentrale
- Bijlage 11 – Ruimtegebruik bij een kerncentrale

## **Bijlage 1 – Eindige voorraad uranium**

Kerncentrales lijken duurzaam omdat ze geen CO2 uitstoten, echter dit is ook een drogredenering, aangezien de voorraden uranium (net als fossiel) eindig zijn. Stel dat we in Europa en Azië extra kerncentrales zouden bouwen dan zijn we ook eerder door de huidige voorraad heen.

Op bewezen en vermoedelijk winbare reserves wordt bij het huidige verbruik 130 jaar geschat als duur van de voorraad. Gaan we als NL of Wereld echter de capaciteit verdubbelen of verdrievoudigen, dan zijn binnen 40-60 jaar door onze voorraad heen, dus nog voor het einde van deze eeuw waarschijnlijk. Dan zijn we weer een nieuw probleem rijker, namelijk de afhankelijkheid van uranium.

Het is dus vooruitschuiven van het probleem

<https://wisenederland.nl/artikel/uranium/#:~:text=Volgens%20het%20Nucleair%20Energie%20Agent%20schap,uranium%203%2C8%20miljoen%20ton>.

Een waterstofcentrale op blauwe waterstof is ook afhankelijk van een eindige fossiele bron, namelijk aardgas, alleen kan met de tijd meer groene waterstof (uit duurzame stroom zoals wind en zon) geproduceerd worden, die langzaam de rol van blauwe waterstof overneemt. Dit kan in transitie tijd van 25-30 jaar gerealiseerd worden. Groene waterstof is waterstof uit duurzame stroom (wind, zon en water) dat ontstaat uit de elektrolyse van zuiver water.

## Bijlage 2 – Kansen en gevolgen van een kernramp

### Kans op kernongeluk

Dit blijft een heet hangijzer waar men het liever niet over wil hebben, namelijk de gevolgen van een kernramp. De twee bekendste rampen zijn Tsjernobyl (1986, Oekraïne) en Fukushima (2011, Japan), maar er zijn in totaal 6 kernsmeltingen geweest die de oorzaak zijn van een uiteindelijke kern'ramp'

<https://nl.wikipedia.org/wiki/Kernramp>

Wat er in feite gebeurt is dat de reactor niet meer voldoende gekoeld kan worden, waardoor de reactie op hol slaat en teveel energie produceert. Uiteindelijk kan door verschillende mechanismen radioactieve straling vrijkomen.

[https://nl.wikipedia.org/wiki/Kernsmelting#:~:text=Een%20kernsmelting%20of%20meltdown%20is,%20Dcoolant%20accident%20\(LOCA\).](https://nl.wikipedia.org/wiki/Kernsmelting#:~:text=Een%20kernsmelting%20of%20meltdown%20is,%20Dcoolant%20accident%20(LOCA).)

Uiteindelijk zijn er nu nog 450 kerncentrales actief wereldwijd. De eerste zijn gebouwd na 1950 na de uitvinding van de atoombom aan het einde van WOII.

<https://www.nucleairforum.be/thema/kerntechnologie-wereldwijd/kernenergie-wereldwijd#:~:text=Kernenergie%20wereldwijd%3A%20huidige%20situatie,%20elektriciteit%20in%20de%20wereld.>

Alhoewel de kerncentrale ontworpen wordt voor een faalkans van  $10e-8$  (kans van 1 in de 100 miljoen jaar) is de werkelijkheid weerbarstiger. Over een periode van 70 jaar zijn op een populatie van 450 kerncentrales, dus 6 serieuze ongelukken gebeurd. Als men dit omrekent naar een daadwerkelijke faalkans is dat ongeveer  $10^{-4}$ , dus een kans van 1 in de 10.000 jaar.

Dit betekent met wereldwijd 1000 kernreactoren dat er eens in de 10 jaar een ernstig kernongeluk ergens op de wereld plaats zal vinden. Een tegenargument is wel dat de nieuwste ontwerpen veiliger zijn dan oude ontwerpen, die vaak ook geschikt waren om plutonium voor kernwapens te maken, maar de geschiedenis leert dat de faalkans op papier niet de praktijk van de werkelijkheid benadert.

Ook vanwege het benodigde koelvermogen staat kerncentrales vaak aan een rivier of water. Met klimaatverandering en hogere zeespiegel zit hier ook een risicofactor in die moeilijk te bepalen is.

### Gevolgen van een kernongeluk

Voorstanders van kernenergie komen nog wel eens met het argument dat er helemaal niet veel doden zijn gevallen bij Tsjernobyl of Fukushima en dat je met jodinepillen jezelf prima kan beschermen tegen schildklier kanker. Op internet lopen de getallen uiteen, afhankelijk van minder dan 100 tot meerdere duizenden, en dat heeft allemaal te maken met hoe je rekent.

De directe doden ten gevolge de straling zijn relatief 'weinig', omdat vaak het gebied geëvacueerd wordt bij een nadere kernramp. Bij Tsjernobyl zijn veel personeel en soldaten opgeofferd om de straling in te dammen. Uiteraard zijn de exacte cijfers door de Sovjet-Unie nooit bekend gemaakt, maar veel rapporten spreken over een getal tussen de 100 en 1000 doden binnen een jaar. 31 mensen zijn direct overleden door de explosie.

Een veel grotere groep zijn de mensen die na de ramp alsnog overlijden aan een vreemde vorm van kanker. De schattingen lopen uiteen tussen 4000 en 100.000 afhankelijk van het onderzoek en hoe gerekend is.



Stel dat we dit risico maatschappelijk acceptabel zouden vinden vanwege de kleine kans, dan zitten we eigenlijk nog met volgende probleem, namelijk dat 25-30 km rondom de centrale het leefgebied feitelijk onbewoonbaar wordt.

Laten we Borssele als voorbeeld nemen, dan wordt 2/3<sup>e</sup> van Zeeland (Noord- en Zuid- Beveland, Walcheren en Zeeuws Vlaanderen) feitelijk onbewoonbaar. Ook delen van België zullen onbewoonbaar worden. Deze gebieden zullen ook voor minimaal 100 jaar ongeschikt blijven voor bewoning of landbouw. Zelfs als we met prachtige evacuatie plannen de meeste mensen zouden kunnen redden, dan kunnen ze nooit meer terugkeren naar hun huis.

### **Kustlocaties**

Ook is Borssele (net als de Maasvlakte) met stijgende zeespiegel een erg dubieuze locatie voor een kerncentrale.

Voor de kernsmelting bij Fukushima in 2011 was er in Frankrijk ook een 'near miss' aan de kust in 1999 bij Frankrijk . Een combinatie van springtij met storm was voldoende om de kerncentrale te doen overstromen. Men dacht in 1970 tijdens het ontwerp dat 4,5 meter boven zeeniveau voldoende zou zijn, maar de natuur dacht daar uiteindelijk anders over.

De Maasvlakte is ook maar 5 meter boven NAP rekening houdend met een zeespiegelstijging voor de komende 50 jaar, maar de kerncentrale zal niet eerder dan in 2070 afbetaald zijn, dus waarschijnlijk nog operationeel in 2070. Stormen en springtij zullen ook intenser worden, dus daarmee is 5 meter boven NAP onvoldoende. Ook de Oosterschelde is nog steeds kwetsbaar voor overstromingen.

[https://en.wikipedia.org/wiki/1999\\_Blayais\\_Nuclear\\_Power\\_Plant\\_flood](https://en.wikipedia.org/wiki/1999_Blayais_Nuclear_Power_Plant_flood)

[https://nl.wikipedia.org/wiki/Kernramp\\_van\\_Fukushima](https://nl.wikipedia.org/wiki/Kernramp_van_Fukushima)

[https://nl.wikipedia.org/wiki/Tweede\\_Maasvlakte#:~:text=Daar%20waar%20container%2D%20en%20Oistributieactiviteiten,van%201%20op%2010.000%20jaar.](https://nl.wikipedia.org/wiki/Tweede_Maasvlakte#:~:text=Daar%20waar%20container%2D%20en%20Oistributieactiviteiten,van%201%20op%2010.000%20jaar.)

[https://www.zeeland.nl/sites/default/files/docs/eindrapport\\_pilot\\_sloegebied\\_-\\_nldefnov2019.pdf](https://www.zeeland.nl/sites/default/files/docs/eindrapport_pilot_sloegebied_-_nldefnov2019.pdf)

### Bijlage 3 – kostprijs van kernenergie tov wind- en zon

Dit is een ander heikel punt van kernenergie, namelijk de prijs van stroom. De huidige prijs van stroom (kaal, zonder belasting), lag voor de Oekraïne oorlog rond de 0,10 euro/kWh. Bronnen voor stroom zijn momenteel: kolen, aardgas, biomassa, wind en zon. Wind en grootschalige zon moesten lange tijd gesubsidieerd worden om voor 0,10 euro/kWh op de markt gebracht te kunnen worden, echter de laatste tijd is de kostprijs van deze duurzame systemen onder de 0,10 euro/kWh gekomen, zo richting de 0,05 euro/kWh.

De laatste tijd nemen de kosten weer toe van wind en zon, door stijgende materiaalkosten, echter blijven rond 0,10 euro/kWh. Stroom uit gascentrales heeft pieken gekend 0,50 euro/kWh in 2022 en 2023 en kolen zijn ook flink duurder geworden, dus nog steeds komen wind en zon beter en goedkoper uit de bus, alleen is er natuurlijk geen stabiele levering, maar met weersvoorspellingen kan wel per dag een goede inschatting gemaakt worden van de te produceren hoeveelheden duurzame kWh. Met een eerlijke CO<sub>2</sub> heffing (ongeveer 0,10 euro/kg) voor kolen en gas, zouden wind en zon zelfs 3x zo goedkoop zijn als fossiel.

Waar ligt dan de elektriciteits prijs van kerncentrales? Een eerlijke schatting zou zo rond de 0,15 euro/kWh zijn. Dit is dan nog de gunstige aanname dat investering voor de kerncentrale (vele miljarden) over een periode van 30 jaar afgeschreven worden. Zou de afschrijvingstermijn maar 10 jaar zijn, wat gangbaar is voor de meeste investeringen, dan wordt de prijs dus 0,45 euro/kWh. Dit is uiteraard geen reële marktprijs voor elektriciteit dat nu rond de 0,10 euro/kWh schommelt (de reden dat mensen 0,25 euro/kWh op hun rekening zien heeft met de hele hoge elektriciteitsbelasting voor huishoudens te maken).

De bouwkosten voor een kerncentrale kunnen afgerond worden op 5,5 euro/We, dit betekent dat een kerncentrale met een elektrisch vermogen 1000 MWe (2x zo groot als Borssele) ongeveer 5,5 miljard zou moeten gaan kosten. De spreiding is tussen 4,0 en 7,0 euro/We, zie ook onderstaand rapport van TNO gemaakt voor de provincie Brabant uit 2020.

<https://www.tno.nl/nl/newsroom/2021/03/rol-kernenergie-energietransitie-noord/>

Het grote probleem qua financiën is het lange bouwtraject van een kerncentrale, 10 tot 15 jaar is niet ongebruikelijk. In deze tijd moeten wel bouwkosten gemaakt worden, maar er is geen opbrengst van de atoomstroom. Stel dat de kerncentrale in 1 jaar gebouwd zou kunnen worden, dan is de rente over dat jaar met 4% over 5,5 miljard slechts 220 miljoen euro. In het geval van 10 jaar bouwtijd is de rentelast een geaccumuleerde last van 4% over 10 jaar tijd inmiddels 1,4 miljard euro, dus een toename van 25% van de nettobouwkosten.

Met het terugbetalen over 30 jaar, dus pas na 40 jaar is dan alles terugbetaald, zijn de rentelasten bij 4% rente, ongeveer 50% van de kale investering. Dit betekent eigenlijk dat de kerncentrale van 1000 MWe 8,3 miljard heeft gekost in plaats van 5,5 miljard. De rentelasten alleen al zijn 0,033 euro/kWh, hier ligt de totale stroomprijs alleen voor de bouwkosten dus op 0,10 euro/kWh. Personeel, onderhoud en winst moeten hier dus nog bovenop komen, dus dit gaat richting 0,13 euro/kWh

Loopt de bouw uit met 5 jaar, dan gaan de bouwkosten ook lineair toenemen omdat personeel doorbetaald moet worden en bouwmaterialen duurder worden met inflatie. De kerncentrale wordt dus duurder dan 5,5 miljard en gaat qua netto bouwkosten richting de 7 miljard euro. In dit geval nemen de rentelasten exponentieel toe en benaderen ongeveer 100% van de originele netto bouwkosten. De kerncentrale gaat dan 10-11 miljard kosten en heeft op dat moment nog geen kWh stroom geleverd. De rentelasten zijn op dat moment al 0,05 euro/kWh, vergelijkbaar met de kosten van duurzame zon en wind energie.

Wat is de realiteit van de bouwtijd? Zie Kalkar, Finland en Hinckley Point C als recente bouwprojecten. Allemaal uitloop richting de 15 jaar. Bovendien hebben we hier gerekend met 5,5 miljard als gemiddelde bouwprijs. Voorstanders zullen eerder het optimistische getal noemen van 4 miljard om plannen door het parlement te krijgen. Bij 10-11 miljard als mogelijke eindprijs, is er dus een factor 3 verschil, zie ook Bijlage 6.

Wat kan de overheid dan doen om dit financieerbaar te houden? De rentelasten op zich nemen, zodat de kerncentrale zonder rente 'gebouwd' en terugbetaald kan worden? In dit concrete voorbeeld is dat 3 tot 5 miljard. Als fossiele bedrijven dit gebruiken om te elektrificeren, dan kan men dit ook weer beschouwen als een fossiele subsidie.

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/03/09/systeemeffecten-van-nucleaire-centrales-in-klimaatneutrale-energiescenarios-2050>

<https://open.overheid.nl/documenten/ronl-78f0b9cd-8eef-4b53-992f-65e64c50a5a5/pdf>

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/09/22/possible-role-of-nuclear-in-the-dutch-energy-mix-in-the-future>

<https://open.overheid.nl/documenten/ronl-f29c1eb8-af04-4e8c-bc95-812be06991be/pdf>

#### **Bijlage 4 – Opslag van radioactief afval**

Radioactief afval wordt momenteel bovengronds opgeslagen nabij kerncentrale Borssele in Nieuwdorp bij Vlissingen. Deze opslag is ontworpen voor 100 jaar, maar na 100 jaar is het afval nog steeds radioactief helaas. In Nederland is nu slechts 1 beveiligde opslag centrum van radioactief afval. Indien we in Nederland meerdere centrales gaan bouwen, of Small Modular Reactors in Gelderland zullen we of meer opslag locaties moeten bouwen, of meer transport van radioactief afval toe moeten laten. Kortom, zolang dit niet in onze achtertuin gebeurt dan vindt men het OK, maar komt het te dichtbij dan zullen mensen weer gaan protesteren en neemt het draagvlak af.

Voor de lange termijn is er ook niet echt een oplossing voor dit probleem. Radioactiviteit neemt af met een zogenaamde halfwaardetijd. In deze tijd neemt de radioactiviteit met 50% af en het is een contante waarde. Sommige stoffen blijven zo zeer lang radioactief en gevaarlijk voor mens en milieu. Er is veel speculatie over ondergrondse opslag, maar wanneer het vrij zou komen, dan zijn de gevolgen en problemen niet te overzien.

<https://www.autoriteitnvs.nl/onderwerpen/radioactief-afval#:~:text=Radioactief%20afval%20opgeslagen%20bij%20COVRA,eigendom%20van%20de%20Nederlandse%20overheid.>

[https://nl.wikipedia.org/wiki/Radioactief\\_afval#:~:text=Zeer%20kortlevend%20afval%20\(VSLW%20%2F%20Very,vrijgesteld%20afval%20verwerkt%20kan%20worden.](https://nl.wikipedia.org/wiki/Radioactief_afval#:~:text=Zeer%20kortlevend%20afval%20(VSLW%20%2F%20Very,vrijgesteld%20afval%20verwerkt%20kan%20worden.)

<https://wisenederland.nl/artikel/kernafval/#:~:text=Een%20methode%20om%20het%20radioactieve,jaar%20nieuwe%20opslaggebouwen%20worden%20gebouwd.>

## Bijlage 5 – Vergunningetraject

Voordat met de bouw gestart kan worden, zal eerst een vergunning door de overheid afgegeven moeten worden, waarin diverse milieu-aspecten (lucht, water en bodemkwaliteit) bekeken moeten worden, maar ook zaken zoals externe veiligheid. Voordat begonnen kan worden aan de aanvraag voor de vergunning zal ook een milieu-effect rapport gemaakt moeten worden.

Dit is een verplicht instrument zodat ook aan burger participatie gedaan wordt aan de voorkant. Voor een kerncentrale is een MER rapport verplicht. In het MER rapport zullen verschillende alternatieven bekeken moeten worden voor de kerncentrale of naar alternatieve locaties.

### A) Locatie Alternatief

De Rijksoverheid kijkt nu graag naar Borsele, omdat daar al een kerncentrale staat en de bewoners al gewend zijn aan het idee van een kerncentrale. Is het echter een geschikte plaats voor een nieuwe kerncentrale? Nee, eigenlijk niet. Borsele lijkt logisch omdat er al een kerncentrale staat, maar de locatie aan zee zonder bescherming van de Deltawerken is zeer eigenlijk zeer onlogisch. Klimaatverandering zal de zeespiegel doen stijgen met een onbekend aantal meters en het is daarom bijna onmogelijk te ontwerpen voor een situatie in 2100. De kerncentrale van Fukushima was ook gelegen aan de kust, met dramatische gevolgen na een vloedgolf uit een tsunami.

### B) Technisch alternatief

Ook kan en moet er gekeken worden naar technische alternatieven. Het doel van een kerncentrale is elektriciteitsopwekking zonder uitstoot van CO<sub>2</sub> en onafhankelijke operatie van duurzame bronnen, zoals zon, wind en water. Hier kan een gascentrale op waterstof een alternatief voor zijn. Initieel zal er weinig groene waterstof beschikbaar zijn en kan blauwe waterstof een uitkomst bieden. De veiligheidsrisico's van blauwe waterstofproductie zijn veel lager tot nihil vergeleken bij een kerncentrale. Daarnaast kan een blauwe waterstof fabriek binnen 4 jaar gebouwd worden in tegenstelling tot een kerncentrale met een bouwtijd van 10-15 jaar. Daarnaast kan een waterstofcentrale ook daadwerkelijk flexibel draaien, in tegenstelling tot een kerncentrale die eigenlijk alleen maar op een stabiele basislast kan draaien.

Om het vermogen te regelen worden grafietstaven gebruikt om de kettingreactie af te remmen. Deze grafietstaven kunnen echter slecht tegen temperatuurswisselingen, met mogelijke breuk tot gevolg.

Na het MER dient ook een vergunningsprocedure te doorlopen worden, met inspraakrechten van burgers. Eerst mogelijke zienswijzen, daarna beroep en uiteindelijk hoger beroep bij de Raad van State. Indien omwonenden dit willen aanvechten, en die kans is zeer groot, dan kan dit traject ook jaren duren. Iedereen binnen een straal 25-30 km kan zich als belanghebbende beschouwen, omdat binnen deze straal alles onbewoonbaar wordt bij een groot ongeluk.

## Bijlage 6 – Bouwtraject

Zonder vergunning kan niet begonnen worden met de bouw, maar goed, stel dat de Raad van State alle rode stoplichten negeert en een vergunning afgeeft voor de kerncentrale na 4 jaar vergunningentraject, kan men eindelijk beginnen met de bouw. Het Rijk is optimistisch, die schat de bouwtijd in tussen 6 en 10 jaar.

<https://www.overkernenergie.nl/plannen-van-het-kabinet/twee-nieuwe-kerncentrales#:~:text=Het%20bouwen%20van%20een%20kerncentrale,Dat%20kost%20ook%20enkele%20jaren.>

Wat leert de ervaring ons: Kalkar, de centrale net over de grens in Duitsland, die nooit in bedrijf ging had een bouwtijd van 17 jaar en een vermogen van 330 MWe. Gestart in 1973 en afgebouwd in 1991. Initiële kostenraming was 1,7 miljard DM en werd uiteindelijk 8 miljard DM, dus ruim 4x over de kop door de extreem lange bouwtijd en opeenstapeling van rente op rente op rente.

[https://nl.wikipedia.org/wiki/Kweekreactor\\_Kalkar](https://nl.wikipedia.org/wiki/Kweekreactor_Kalkar)

In Finland (Olkiluoto) is recent een kerncentrale (1600 MWe) opgeleverd met een totale bouwtijd van 16 jaar (2005-2021). Ook waren hier de initiële kosten geraamd op 3 miljard euro en eindigden uiteindelijk op 11 miljard euro, dus ook weer bijna een factor 4. Dit is direct gekoppeld aan de lengte van de bouwduur

[https://nl.wikipedia.org/wiki/Kerncentrale\\_Olkiluoto#:~:text=Kerncentrale%20Olkiluoto%20\(Fins%3A%20Olkiluodon%20ydinvoimalaitos,is%20hiermee%20Europa's%20grootste%20kerncentrale.](https://nl.wikipedia.org/wiki/Kerncentrale_Olkiluoto#:~:text=Kerncentrale%20Olkiluoto%20(Fins%3A%20Olkiluodon%20ydinvoimalaitos,is%20hiermee%20Europa's%20grootste%20kerncentrale.)

Hinckley Point C in Engeland is een ook voorbeeld van een uitlopend en over de kopgaand bouwproject. De bouw is gestart in 2017 en zou voltooid zijn 2026, echter de eerste prognoses wijzen al op 2029, dus richting 13 jaar. Dit lijkt niet ernstig, maar de kosten nemen exponentieel toe met uitloop van de bouw. Ieder extra jaar, betekent extra rente bovenop de constructiekosten voor het personeel en inflatie van bouwmaterialen.

Oorspronkelijk geraamd op 22 miljard pond (3200 MWe), maar de geschatte uitloop van kosten gaat nu al richting 50 miljard euro en we zitten nu pas in het jaar 2023.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Hinkley\\_Point\\_C\\_nuclear\\_power\\_station](https://en.wikipedia.org/wiki/Hinkley_Point_C_nuclear_power_station)

Kortom 6 tot 10 jaar is zeer optimistisch en 15 jaar lijkt een historisch feit. Tel daar 4-5 jaar aan vergunningentraject bij op, dan zijn we 20 jaar verder in 2044 met een heel dure centrale die nog geen kWh geleverd heeft. De financiële risico's zijn veel te groot voor de 'markt', als de centrale niet afgebouwd wordt, dan is de bank al haar geld kwijt, dus moet de overheid garant staan voor een dergelijk project.

Vreemd eigenlijk dat zogenaamde 'liberale markt'-partijen dergelijke projecten willen subsidiëren, aangezien de markt een kerncentrale te risicovol vindt.

## Bijlage 7 – koelwatergebruik van een kerncentrale

Dit lijkt een mineur probleem bij een kerncentrale, maar het geeft toch interessante uitkomsten. Voor iedere MW aan stroom, moet ongeveer 1,5 tot 2x zoveel warmte geloosd worden, vanwege het kringloopproces van de stoomturbines.

Een 1000 MW elektrisch vermogen kerncentrale moet dus minimaal 1500 MW aan warmte te lozen. Neem dan locatie Borssele, wat zou dit betekenen als deze warmte in de oppervlaktewater geloosd zou moeten worden? Door het geringe debiet van de Schelde (120 m<sup>3</sup>/s) zou de watertemperatuur met in de Westerschelde met 3 graden toenemen! Dit is vanuit ecologisch en visserij perspectief uiteraard niet mogelijk. Visserij is trouwens al om zeep geholpen door de PFAS uit de Antwerpse haven, dus dit argument is eigenlijk al achterhaald, maar met 3 graden temperatuur stijging eigenlijk een no-go.



Wat is dan het alternatief voor koeling? Dit is natuurlijk de koeltoren. Met koeltorens wordt water verdampt om te zorgen voor koeling. Dit leidt eveneens tot indrukwekkende cijfers. Om zoveel energie weg te koelen, is evenveel zoet water nodig als het verbruik van 160.000 huishoudens, namelijk 19 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Ook is het verdwijnen van gletsjers in Europa een zorgwekkende ontwikkeling, waarmee ons Europese zoetwater reservoir langzaam aan het verdwijnen is.

Dan wordt de vraag voor de locatie keuze voor Borssele eigenlijk vreemd, want een locatie aan de kust, rivier of een riviermonding heeft hier helemaal geen zin. We kunnen de warmte immers niet kwijt op het oppervlaktewater. Dus eigenlijk kunnen we kerncentrale overal plaatsen waar we zouden willen, dus ook midden in Gelderland bijvoorbeeld of vlakbij een grote stad, zodat de restwarmte de stad van warmte zou kunnen voorzien.

De conclusie keuze voor Borssele is dus wederom een politieke keuze, een kleine dunbevolkte provincie waar al een kerncentrale staat en mogelijk de bewoners niet al te veel zullen protesteren, maar het is vanuit het perspectief van veiligheid en milieu totaal geen geschikte locatie.

## Bijlage 8 – Handel met uraniumrijke landen

Dit wordt vaak genoemd als een nadeel, omdat we ons dan afhankelijk zouden maken van totalitaire staten zoals Rusland en China. Dit blijkt bij nadere beschouwing niet het geval. Ongeveer 2/3<sup>e</sup> van de voorraden liggen in democratische landen, waar wij een goede handelsrelatie mee hebben. Dus dit kunnen we eigenlijk als een voordeel zien. Een vervolgvraag is wel wat er zou kunnen gebeuren als totalitaire staten een tekort krijgen aan uranium en daarom een inval zouden plegen op democratisch grondgebied, zoals nu in Oekraïne gebeurt omwille van gasvoorraden daar.

Aangezien dat een erg lastige en complexe vraag is wordt dat hier niet verder uitgediept. Hier een tabel met de grootste voorraden

Bewezen voorraden	Democratisch	Totalitair
Australië	28%	
Kazachstan		13%
Canada	10%	
Rusland		8%
Zuid-Afrika	5%	
Niger	5%	
Brazilië	5%	
China		4%
Mongolië		2%
Oezbekistan		2%
Oekraïne	2%	
Botswana	1%	
VS	1%	
Jordanië	1%	
Totaal	58%	29%

<https://wisenederland.nl/artikel/uranium/>



## Bijlage 9 – De belofte van thorium

Voor voorstanders van kernenergie praten vaak over Thorium als oplossing danwel opvolger van uranium. Thorium is ook zwaar metaal met atoomnummer 90 en geschikt als brandstof voor een kerncentrale, echter deze reactor bestaat nog nergens ter wereld en moet dus nog ontwikkeld worden. Het grote voordeel van Thorium is dat alle Thorium gebruikt kan worden als brandstof en daarmee een veel grotere voorraad op de wereld beschikbaar heeft.

Ongeveer 0,75% van het beschikbare uranium is geschikt als splijtstof en de thorium voorraad is ongeveer 3x zo groot als dat van uranium. Dat betekent dat de energievoorraad mogelijk 400x zo groot als dat van uranium en ook de verdeling lijkt redelijk eerlijk verdeeld over de wereld.

Ook zou de veiligheid beter gewaarborgd zijn ten opzichte van een uraniumreactor, we gaan hier niet verder dieper op in. China en India zijn op dit moment onderzoek hiernaar gestart, alleen staat dit nog in de kinderschoenen.

Is het dan zo dat we kerncentrale op uranium om zouden kunnen bouwen naar thorium?

Nee, het vereist namelijk een zogenaamde gesmolten zout reactor (generatie IV), een totaal ander principe als dat van de huidige kerncentrales op uranium met een vaste kern aan uranium (generatie III).

De plannen van het kabinet zijn dus gebaseerd op uranium en niet op thorium. Is het zinvol om in te zetten op onderzoek hiernaar? Dat is mogelijk wel een aardig suggestie, net als het voortzetten van onderzoek naar kernfusie. Kern(splijtings)energie is een uitvloeisel van de 2<sup>e</sup> wereldoorlog, waar de strijdende partijen al hun geld en kennis inzetten om een kernbom te ontwikkelen (zie film Oppenheimer), maar in tijde van vrede branden we het liefst al onze fossiele bronnen op in plaats van fundamenteel Europees onderzoek.

Stel dat het mogelijk zou zijn om een thoriumreactor te ontwikkelen en te bouwen, dan zijn we mogelijk 30 tot 40 jaar verder. Enigszins te laat voor de energietransitie, dus daarom speelt het geen rol in de huidige discussie om kernenergie.

<https://nl.wikipedia.org/wiki/Thoriumreactor>

<https://wisenederland.nl/artikel/thoriumcentrales-de-nieuwe-toekomst/>

## Bijlage 10 – Regelbaarheid van kerncentrales

Een veel gehoord argument is dat we kerncentrales inzetten wanneer de zon niet schijnt, de wind niet waait of het water niet stroomt. Is dit een zinvol argument? Nee, eigenlijk totaal niet, omdat een kerncentrale eigenlijk altijd aan moet staan. Het aan- en uitzetten is een zeer traag proces, wat een kwestie is van dagen en niet van minuten. Daarom past het niet echt in een duurzaam energiesysteem met wind, zon en water. Als basislast centrale zal het hooguit enkele % van het totale elektriciteitsverbruik kunnen voorzien.

Een gascentrale op waterstof, kan daarentegen zeer snel opgetoerd worden wanneer de zon ondergaat. Deze kan binnen een uur van 0 naar 100% worden opgetoerd en andersom, dus een waterstof gascentrale past wel goed in een duurzaam energie systeem. Momenteel worden aardgascentrales ook zo ingezet om pieken en dalen op het stroomnet op te vangen. In het begin kan dus blauwe waterstof ingezet worden om op korte termijn voldoende waterstof beschikbaar te hebben en na verloop van tijd kan dit vervangen worden door groene waterstof om volledig duurzaam te zijn.

<https://nuclear.engie-electrabel.be/nl/kernenergie/kernvragen-over-de-kerncentrales/kunnen-kerncentrales-niet-opgestart-worden-enkel#:~:text=Het%20opstarten%20van%20een%20kerncentrale,de%20reactor%20perfect%20te%20beheren.>

<https://www.engie.nl/over-ons/kennisbank/nieuws/230231102-maxima-waterstof-omroepflevoland#:~:text=ENGIE's%20Maxima%2Dcentrale%20in%20Lelystad,nu%20ook%20effici%C3%ABnter%20op%20aardgas.>

## **Bijlage 11 – Ruimtegebruik bij een kerncentrale**

Misschien wel het grote voordeel van een kerncentrale is het ruimtegebruik van een kerncentrale. De kerncentrale van Borssele (450 MWe) staat op een terrein van 250 bij 300 meter, dus zeer compact als we dat zouden vergelijken met een equivalent aan zonneweiden of windmolenparken. De opslag van Covra moeten we eigenlijk ook meetellen, als we eerlijk willen doen, dat is een extra 400 bij 450 meter, maar nog steeds steeds compacter dan duurzaam.

Dat verandert wel als het vergelijken met een gascentrale op blauwe waterstof, dan is dat vergelijkbaar qua compactheid. De Magnum aardgascentrale (1400 MWe) is gebouwd op een terrein van 280 bij 320 meter, dus vergelijkbaar met dat van Borssele en een 3x zo groot vermogen. De fabriek om blauwe waterstof te maken uit aardgas kan geplaatst worden op een terrein dat even groot is als dat van Covra, dus compleet vergelijkbaar met elkaar.

Uiteraard verandert dit verhaal bij een transitie naar groene waterstof. Windmolenparken staan dan bij voorkeur op zee om een hoger rendement te halen dan op land en er kunnen grotere windmolens geplaatst worden dan op land, dus meer vermogen per windmolen. De elektrolyserparken, waar groene stroom omgezet wordt in waterstof, gaan wel een groter beslag doen op ruimte. Grond is schaars in Nederland, dus hier ontstaat duidelijk een spanningsveld tussen de landbouw sector en de energiesector. De landbouw sector wil geen grond inleveren ten koste van energie, maar dat is een keus die we als maatschappij moeten maken en niet als enkelvoudige belangengroep. Energie-import zal ook een noodzakelijke keus blijven vanuit landen waar meer ruimte en duurzame energie productie mogelijk is.

### **Ruimtegebruik tijdens de bouw**

Een ander interessant aspect van de kerncentrale is de hoeveelheid mensen die nodig zijn om deze te bouwen. Voor Hinkley Point C (3200 MWe) zijn ruim 6000 arbeiders nodig voor dus een periode van 10 jaar! Het is een illusie om te denken dat dit uitsluitend door lokale Nederlanders gebouwd kan worden, dus er zal een heel dorp opgericht moeten worden met hoofdzakelijk ook arbeiders uit het buitenland. Nu is dit in dunbevolkt gebied waarschijnlijk nog te realiseren, maar op de Maasvlakte zal dit waarschijnlijk tot een verkeersinfarct leiden voor de 10 jaar aan bouwtijd.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Hinkley\\_Point\\_C\\_nuclear\\_power\\_station](https://en.wikipedia.org/wiki/Hinkley_Point_C_nuclear_power_station)

Ook de keus om 5x zo veel vlees te produceren, als dat we zelf consumeren, is geen maatschappelijk wenselijk of noodzakelijk resultaat, maar door een gebrek aan milieutechnische beleid, vrije markt en verkeerd subsidiebeleid is dit toch de werkelijkheid in Nederland in 2024. Nederland is een klein land, waar we op verstandige en gebalanceerde manier met onze ruimte om moeten gaan.