



NucleairNederland

Kennispartner bij kernenergie-ambities

Het kabinet onderneemt actie om uitvoering te geven aan het coalitieakkoord ten aanzien van kernenergie. De Nederlandse nucleaire sector, verenigd in Nucleair Nederland (NNL) kan praktisch bijdragen met ervaring, kennis en kunde.

Nederland en de Europese Unie staan voor grote uitdagingen. De (energie)prijzen stijgen terwijl tegelijkertijd de klimaatambities overeind blijven. In 2050 moet Nederland beschikken over een klimaatneutrale energievoorziening.

Kernenergie en aardgas zijn inmiddels binnen de EU-taxonomie gelabeld als groene transitie-energiebron. Gas dreigt voor een lange periode weg te vallen. Klimaatneutrale kernenergie kan dit verlies compenseren.

Door duurzame bronnen te combineren met kernenergie, kan de klimaatdoelstelling worden gehaald terwijl de energierekening betaalbaar blijft.

De huidige ontwikkelingen vragen om versnelling van het beschikbaar maken van nucleair vermogen. Meerdere provincies kijken naar de regionale mogelijkheden van kernenergie voor de productie van elektriciteit en warmte. Energieagentschap IEA voorspelt dat de nucleaire capaciteit verdubbelt van 413 Gigawatt in 2022 naar 812 Gigawatt in 2050*.

*Bron: www.iea.org/fuels-and-technologies/nuclear

Wereldwijd zetten landen in op kernenergie om klimaatdoelen te halen. Nucleair Nederland heeft de ervaring, kennis en de kunde om te adviseren hoe nucleair kan worden opgeschaald.

'Small, medium, large'

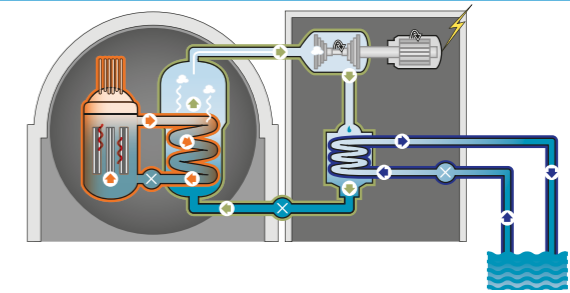
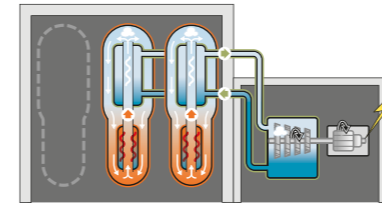
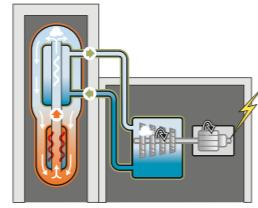
Nucleair Nederland ziet een rol binnen de energietransitie voor een drietal bewezen (uranium) reactoren:

- ▶ Meerdere micro kernreactoren kunnen door het hele land op lokaal niveau worden ingezet,
- ▶ Meerdere kleine modulaire reactoren (Small Modular Reactors, SMR) kunnen op specifieke locaties op regionaal niveau bijdragen,
- ▶ Enkele grote drukwater kerncentrales kunnen op landelijk niveau betekenisvol bijdragen.

Samen kunnen deze 'small-medium-large' kerncentrales bijdragen aan een onafhankelijke, betaalbare en betrouwbare klimaatneutrale energievoorziening. Na 2050 zullen ook nieuwe generaties kerncentrales beschikbaar komen, zoals (thorium) gesmolten zout kerncentrales.

In de tabel op de volgende pagina worden de drie praktische oplossingen op hoofdlijnen toegelicht en vergeleken. Via info@nucleairnederland.nl kunt u in contact komen met een deskundige die deelaspecten kan toelichten of aanvullende vragen kan beantwoorden. En/of kijk op www.nucleairnederland.nl voor actuele nieuwsberichten over deze onderwerpen.

Nucleair Nederland hoopt op deze praktische manier gesprekspartner te zijn voor de Nederlandse politiek, overheden en andere belanghebbenden.



Aspect	SMALL Mini SMR 10-100 MW	MEDIUM LWR tot 500 MW	LARGE 1.000-1.600 MW kerncentrale
Klimaat	Neutraal	Neutraal	Neutraal
Beschikbaar voor bouw	Voor 2030	Voor 2030	Zijn reeds gebouwd
Bouwtijd	3 jaar	3-5 jaar	5-10 jaar
Vergunningverlening	2-5 jaar	2-5 jaar	3-5 jaar
Verwachte levensduur	50 jaar	Meer dan 50 jaar	60-80 jaar
Beschikbaarheid	> 92%	> 91%	> 90%
Genoeg stroom voor	130.000 huishoudens	1.600.000 huishoudens	5.000.000 huishoudens
Evenveel elektriciteit als	meer dan 10 grote zonneparken van 21 MW	meer dan 150 grote zonneparken van 21 MW	meer dan 500 grote zonneparken van 21 MW
Vergelijkbaar met	10% van het off shore windpark Borssele III/IV	100% van het off shore windpark Borssele III/IV	Drie keer het off shore windpark Borssele III/IV
Geschatte investering	100 – 250 M€	> 1.000 M€	> 3.000 M€
Geschatte kostprijs elektriciteit	Tussen 0,04 – 0,08 euro per kWh	Tussen 0,04 – 0,08 euro per kWh	Tussen 0,04 – 0,08 euro per kWh
Grondgebruik per reactor	1 voetbalveld	2 voetbalvelden	8 voetbalvelden
Uitbreidbaar vermogen met extra reactoren op locatie	> 20	2-10	2-6
Splijstofcyclus	Uranium. Splijstofcyclus 36-72 maanden.	Uranium-Reprocessed uranium en MOX splijstof. Splijstofcyclus 18-24 maanden.	Uranium-Reprocessed uranium en MOX splijstof. Splijstofcyclus 12-24 maanden.
Recycling en hergebruik (opwerking) en opslag afval	Gebruikte splijstoffen kunnen gerecycled worden en opnieuw als splijstof worden ingezet. Dit past in de Nederlandse routes voor hergebruik en opbergen radioactief afval.	Gebruikte splijstoffen kunnen gerecycled worden en opnieuw als splijstof worden ingezet. Dit past in de Nederlandse routes voor hergebruik en opbergen radioactief afval.	Gebruikte splijstoffen kunnen gerecycled worden en opnieuw als splijstof worden ingezet. Dit past in de Nederlandse routes voor hergebruik en opbergen radioactief afval. Afhankelijk van het energievermogen en de energieproductie.
Eindberging afval	Past in Nederlandse routes voor opbergen radioactief afval en in beleid eindberging.	Past in Nederlandse routes voor opbergen radioactief afval en in beleid eindberging.	Past in Nederlandse routes voor opbergen radioactief afval en in beleid eindberging.
Overige emissies naar lucht en water	Dicht bij nul.	Dicht bij nul.	Dicht bij nul.
Zicht en geluidshinder	Minimaal.	Afhankelijk van locatie. Kustlocatie: geen koeltorens. Andere locaties mogelijk koeltorens noodzakelijk.	Kustlocatie: geen koeltorens. Geluid minimaal, beperkte geluidsoverlast bij jaarlijks onderhoud (vergelijkbaar huidige Borsselecentrale).
Vergunbaarheid	Harmonisatie en standaardisatieproces loopt in EU verband. NL neemt hieraan actief deel.	Harmonisatie en standaardisatieproces loopt in EU verband. NL neemt hieraan actief deel.	Reeds vergunde ontwerpen op de markt, vergelijkbare centrales al in bedrijf.
Inpasbaarheid	Zeer compact en inpasbaar in de meeste bestaande situaties. Maatwerkoplossingen mogelijk tot op niveau van stadswijk of industrieterrein. Actieve luchtkoeling zonder koelwater mogelijk. Kan stroom en warmte (waterstof) maken op plekken waar die nodig zijn.	Compact en op maat inpasbaar in het binnenland. Bijv. bestaande regionale energie infrastructuur of bestaande industriële conglomeraten met beperkte ruimte en koelwater. Mogelijkheid tot gebruik warmtenetgebruik en reductie restwarmte.	Geschikt voor grote industriële locaties met veel koelwater.
Toepasbaarheid	Geschikt voor zeer specifieke oplossingen. Voorbeeld: ombouwen bestaande gasinstallaties naar nucleair. O.a. stads-/wijkverwarming, energie-intensieve industrie.	Geschikt voor specifieke oplossingen, zoals hyperscale-datacentra of het ombouwen van bestaande kolen- en gascentrales. Denk ook aan energie-neutraal maken van industriële locaties met beperkt koelwater (o.a. Moerdijk, Geleen, Amsterdam-IJmuiden).	Geschikt voor landelijke productie elektriciteit. Specifiek voor industriële locaties met veel afnemers en koelwater: Rotterdam, Eemshaven, Westerschelde-regio.
Ervaring	In Nederland is bedrijfservaring met kleine onderzoeksreactoren van enkele megawatts in Delft en Petten. Dit zijn geen vermogensreactoren! Elders in de wereld is 60 jaar ervaring opgedaan met kleine reactoren voor scheepsvorstuwing (onderzeeboten, ijsbrekers). Dit formaat kernreactoren wordt daarnaast al 60 jaar aan boord van vliegdekschepen gebruikt voor de voortstuwing en energievoorziening aan boord.	De Borssele reactor is met zijn 500 MW vergelijkbaar met de nieuwe SMR ontwikkelingen.	Er is in Nederland en over de hele wereld 60 jaar ervaring met de bouw en het bedrijven van drukwater kerncentrales. De kerncentrale in Borssele kwam in 1973 in bedrijf.
Veiligheid	Containment wordt altijd toegepast. Veiligheid op inherente mechanismes.	Veiligheid op inherente en passieve mechanismes.	Veiligheid op passieve en actieve mechanismes.
Koelwater/koeltorens	Geen grote oppervlaktewater- of luchtkoeling nodig. Kleine hebben koeling via lucht.	Rivierwater en/of koeltorens.	Groot koelwateroppervlak, bij voorkeur kustlocaties.
Transportinfrastructuur	Beperkt tot mogelijk niet nodig (binnen industriële locatie) of alleen back up aansluiting.	Beperkt tot mogelijk niet nodig (binnen industriële locatie) of alleen back up aansluiting. Capaciteit past op diverse locaties in bestaande aansluitingen op het landelijke stroomnet.	Aansluiting op en distributie naar landelijk stroomnet op diverse plaatsen te realiseren.
Energieproductie	Eigen (lokale) behoefte aan stroom en (proces)warmte (waterstof).	Regionale behoefte aan stroom en (proces)warmte (waterstof).	Landelijke behoefte aan stroom en waterstof. Afhankelijk van de lokale warmtevraag kan ook (proces- en stads-)warmte worden geleverd.
Bouw	Wordt seriematig in een fabriek gemaakt en compleet op locatie afgeleverd.	Wordt seriematig in een fabriek in onderdelen gemaakt en op locatie geassembleerd.	Wordt als uniek project op de locatie gebouwd. Ook mogelijkheden voor productie in het buitenland en assemblage op locatie met lokale industrie.
Regelbaar vermogen	Schakelen tussen eigen behoeften: elektriciteit en warmte en/of waterstof.	Schakelen tussen regionale behoeften: elektriciteit, warmte en waterstof.	Specifiek voor basislast elektriciteit, maar ook regelbaar in te zetten. Eventueel in combinatie met grootschalige waterstof.

De Nucleaire keten in Nederland

De onderzoekers en docenten van het **TU Delft Reactorinstituut (RID)** zijn opleider en leverancier van kennis en competenties die bijdragen aan kernenergie en nucleaire medische technologie. TU Delft doet samen met partners in Nederland en Europa onderzoek naar de ontwikkeling van de nieuwe generaties kerncentrales en naar de productie en toepassingen van nieuwe medische isotopen. Daarnaast wordt er veel onderzoek gedaan naar nieuwe (nucleaire) materialen en naar stralingstherapie met protonen of radionucliden, mogelijk gecombineerd met andere therapieën. De TU Delft is de enige universiteit met een nucleaire opleiding en leidt de deskundigen en nucleaire leiders op die nodig zijn voor de realisatie van de nucleaire ambities van ons land.

Bij **NRG|PALLAS** in Petten en Arnhem brengen hoogopgeleide werknemers, ondersteund met de NRG-researchvoorzieningen en (internationale) collega-organisaties, de nucleaire technologie in de praktijk. De Hoge Flux Reactor (HFR) functioneert daarbij als het werkpaard dat de gezamenlijke nucleaire kennis, creativiteit en kunde in beweging brengt. Het resultaat van dit toegepast onderzoek: oplossingen en grondstoffen voor de nucleaire geneeskunde en veilige, klimaatneutrale kernenergie. Plus bijdragen aan technologische ontwikkeling in andere innovatieve sectoren zoals halfgeleiders. Inmiddels wordt de nieuwbouw van de PALLAS-reactor voorbereid die de taken van de zestig jaar oude HFR gaat overnemen waarmee de continuïteit van de inspanningen wordt gewaarborgd.

De **kerncentrale Borssele van EPZ** staat na 50 jaar veilige bedrijfsvoering nog steeds in de top 25% veiligste water-gemodereerde kerncentrales van de westerse wereld (Amerika, Canada en West-Europa). De kerncentrale heeft een beschikbaarheid van zo'n 90% en heeft sinds 1973 150 TWh klimaatneutrale stroom opgewekt. Dat is meer dan de helft van alle klimaatneutrale stroom die ooit in ons land is gemaakt.

Urenco verrijkt uranium voor kerncentrales over de hele wereld. In de verrijkingsfabrieken in Almelo staan tienduizenden ultracentrifuges dag en nacht te draaien om ervoor te zorgen dat het uranium precies genoeg splijtbaar deeltjes bevat om de kettingreactie in de kerncentrale op gang te houden. Urenco heeft een marktaandeel van ca. 30% en is een waardevol onderdeel van de internationale nucleaire gemeenschap. Urenco is voor een derde eigendom van de Nederlandse staat en levert jaarlijks rond de 100 miljoen euro aan dividend op. Naast splijtstof voor kernenergie komen uit Almelo ook nucleaire grondstoffen voor een breed scala aan medische en de industriële toepassingen (molybdeen, iridium, zink, etc.).

De Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (**COVRA**) heeft als enige bedrijf in Nederland de taak om al het radioactief afval te verzamelen, verwerken en op te slaan in haar opslag- en verwerkingsfaciliteit in de gemeente Borsele. COVRA levert veilige en praktische oplossingen voor het radioactief afval van Nederland. Qua veiligheid en transparantie wordt de COVRA gezien als het voorbeeld op het gebied van tijdelijke opslag van radioactief afval. Voor Nederland is COVRA het kennis- en expertisecentrum voor radioactief afval. Zo wordt onder leiding van COVRA in de sector en in internationaal verband een permanente oplossing voor het afval ontwikkeld in de vorm van een geologische eindberging. Er wordt zorgvuldig gekeken naar onder andere de technologische en geologische voorwaarden en het maatschappelijk proces dat moet leiden tot het uiteindelijke besluit over een eindberging voor radioactief afval. Uit dit onderzoek blijkt dat een eindberging van radioactief afval in Nederland haalbaar is. De definitieve besluitvorming over eindberging zal rond 2100 plaatsvinden.

Spin-off kernenergie

Onderzoek en ontwikkeling van kernenergie in Nederland heeft de basis gelegd voor belangrijke ontwikkelingen voor de nucleaire geneeskunde. Nederland neemt inmiddels een onmisbare positie in op het gebied van radiofarmacie. Iedere dag zijn wereldwijd 30.000 patiënten voor hun nucleair-geneeskundige behandeling afhankelijk van radiologische geneesmiddelen en diagnostische hulpmiddelen die bij **NRG|PALLAS** en haar farmaceutische partners zijn gemaakt. Alleen al in Nederland vinden hiermee ieder jaar 400.000 medische verrichtingen plaats die worden uitgevoerd door zo'n 200 nucleair-geneeskundigen. Zij zorgen op individueel patiënt-niveau voor diagnose en therapie bij ernstige ziektes als kanker.

Deze internationaal erkende positie van Nederland is een magneet voor andere aanbieders voor nucleair geneeskundige (half)fabricaten. Zo is in Veendam het Amerikaanse bedrijf SHINE neergestreken.

Ook **SHINE** is partner in>NNL. SHINE maakt gebruik van een reactorgedreven deeltjes-versneller om medische isotopen te maken voor het opsporen en behandelen van bijvoorbeeld kanker. SHINE is een veelbelovende innovatieve Amerikaanse speler die nadrukkelijk voor Nederland koos om zijn operatie op te schalen.

Nucleair-geneeskundigen wijzen met regelmaat op het belang van investeringen in de Nederlandse nucleaire kennisinfrastructuur en hardware zoals laboratoria en de PALLAS-reactor. Beiden worden ook gebruikt voor onderzoek naar (nieuwe) kernenergiemogelijkheden en zijn dus een tweesnijdend zwaard.