

Witte zwanen, zwarte zwanen

De impact van investeren in
kernenergie in Nederland afgezet
tegen alternatieve
verduurzamingsmogelijkheden

Witte zwanen, zwarte zwanen

De impact van investeren in kernenergie in Nederland afgezet tegen alternatieve verduurzamingsmogelijkheden

Auteur(s):

Jan-Coen van Elburg
Matthijs van Neerbos
Idse Kuipers
Helena de Boer

In opdracht van:

Vereniging Milieudefensie / WISE Nederland

Plaats, datum:

Rotterdam, 10 oktober 2022

Status:

Eindrapport

Verantwoording:

Rebel heeft onderhavige analyse gemaakt in opdracht van Milieudefensie en WISE Nederland. Concepten zijn voorgelegd ter bespreking om te bepalen of de invulling van de vraag zoals hierboven gesteld aan de verwachtingen voldoet.

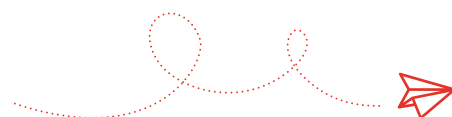
De analyse zelf is onafhankelijk tot stand gekomen, gebaseerd op de analyse van voorliggend materiaal door Rebel. Achterliggende cijfers zijn opvraagbaar bij info@rebelgroup.com. Opdrachtgevers gebruiken de analyse voor eigen rekening om het gesprek te voeren over kernenergie met de Nederlandse overheid en het betrokken bedrijfsleven.

Rebel is blij door Milieudefensie en WISE Nederland in de gelegenheid te zijn gesteld een kritische constructieve bijdrage te leveren aan de discussie over de toekomst van kernenergie in Nederland.

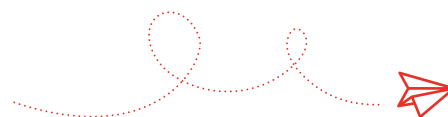
Rebel Energy, Water & Climate

Wijnhaven 23
3011 WH Rotterdam
Nederland
+31 10 275 59 95

info@rebelgroup.com
www.rebelgroup.com



Inhoudsopgave



Samenvatting	4
1. Verantwoording	7
1.1 De vraag	7
1.2 Timing en plaats van dit onderzoek	7
2. Reflectie op rol kernenergie in Nederland	8
2.1 Wat wil het Rijk kopen?	8
2.2 Resultaten marktconsultatie en vervolgonderzoek	9
2.3 Kostenpotentieel	12
2.4 Deelconclusies	17
3. Alternatieven	19
3.1 Kernenergie en alternatieve aanwending van investeringsmiddelen	19
3.2 5 Miljard extra voor Energiebesparing	20
3.3 24/7 groene energie	22
3.4 Afweging en conclusie alternatieven	25
4. Slotbeschouwing	27

Samenvatting

In het Regeerakkoord is afgesproken dat dit kabinet de benodigde stappen zet voor de bouw van twee nieuwe kerncentrales. *“Dat betekent onder andere dat wij marktpartijen faciliteren bij hun verkenningen, innovaties ondersteunen, tenders uitzetten, de (financiële) bijdrage van de overheid bezien, wet en regelgeving waar nodig in orde maken. Ook zorgen we voor veilige, permanente opslag van kernafval.”* In de budgettaire bijlage van het Regeerakkoord staat verder: *“Het voornemen is om kerncentrales te bouwen. Hiervoor is € 5 miljard gereserveerd, waarvan 0,5 miljard tot en met 2025.”*

Vanuit het perspectief dat publiek geld optimaal moet worden ingezet om de maatschappelijke welvaart te vergroten heeft Rebel naar dit kabinetsvoornemen gekeken. Daarbij geven wij 1) een reflectie op de rol van nieuwe kerncentrales in Nederland en 2) een bespiegeling op mogelijke alternatieven.

Reflectie

- Mogelijke rol kernenergie. Waar de elektriciteitsvraag na 2030 zal stijgen, voorzien de meeste studies een licht afnemende productie van kernenergie in Europa na 2030. De oorzaken daarvan zijn de kosten en het kostenpotentieel. Terwijl de *levelised cost of energy* van wind en zonne-energie de afgelopen decennia spectaculair zijn gedaald, zijn die van kernenergie min of meer gelijk gebleven of zelfs gestegen. Op dit moment is kernenergie niet concurrerend en de verwachting is dat de kosten van wind en vooral zon nog sterker zullen dalen, waar voor kernenergie slechts een beperkte afname van de kosten per MWh wordt voorzien. De individuele kosten per centrale zijn hoog en tegelijkertijd is de rol van kernenergie als aanvulling op wind en zon verre van ideaal. Een energietechnologie die wordt ingepast in een bestaand energiesysteem met een groot aandeel fluctuerende energiebronnen (waar het Coalitieakkoord op inzet) kan vooral waarde creëren op systeemniveau als zij 'op afroep' energie kan produceren. De technologische mogelijkheden voor kernenergie om flexibel te worden ingezet zijn echter beperkt. Daarbij is een dergelijke inzet nog eens extra duur;
- Kosten. Voor € 5 miljard bouw je geen kerncentrale. Recente westerse derde generatie+ reactoren van 1.200-1.500 MW kosten tussen de € 7 en 13,2 miljard. Financiers zijn zeer terughoudend om in te stappen en stellen daar tal van voorwaarden aan. Het is zeer wel denkbaar dat de investering geheel door de overheid zal moeten worden gedaan. Kleine modulaire reactoren (Small Modular Reactors; SMR's) van 300MW zouden tussen € 1,4 en 2,7 miljard kosten, maar met de voorbereiding van bouw daarvan kan waarschijnlijk pas na 2033 begonnen worden omdat zij nu nog niet commercieel beschikbaar of bewezen zijn;
- Risico's. Kenmerkend voor kernenergie zijn de zogenaamde 'black swan events'. Van wieg tot graf geven marktpartijen aan niet het risico te willen lopen op vergunningsrisico's, prijsrisico's, incidenten, faillissementen, (cyber-)terrorisme, meerkosten bij ontmanteling en permanente oplossingen voor afval. Tegelijkertijd zijn dergelijke risico's zowel op basis van de ervaring als voorziene weersextremen (droogte, overstroming) nu relevanter dan de afgelopen decennia;
- Locatie. Ondanks het geringe directe ruimtebeslag zijn het aantal denkbare locaties voor kernenergie zeer beperkt. Borssele (onder NAP) is overigens een locatie waarbij rekening moet

worden gehouden met invloeden van onstuimig weer, met alle onzekerheden van dien de komende 50 tot 60 jaar.

- CO₂-reductie. Kernenergie levert geen reductie op in 2030 en zeer waarschijnlijk ook niet voor 2035. Kerncentrales kennen een gemiddelde looptijd voor ontwerp en constructie van circa 11 tot 15 jaar, met substantiële vertragingrisico's. Als het al lukt om een kerncentrale op tijd neer te zetten, dan levert dit een bijdrage op van 10 MtonCO₂ per jaar;

Alternatieven

In deze studie is gekeken naar hoe € 5 miljard aan publiek geld ook alternatief kan worden ingezet richting een CO₂-armere toekomst. Er zijn uiteraard vele verschillende routes denkbaar, waarbij ook elementen uit verschillende alternatieven kunnen worden gecombineerd. In onze studie is gekeken naar twee alternatieven, ter illustratie van wat er alternatief mogelijk is met € 5 miljard:

1) energiebesparing; en 2) 24/7 groene energie (geothermie, hoogspanningsnet en opslag). Daarbij is het volgende opvallend:

- Tempo. De alternatieve investeringen kunnen allen sneller worden geïmplementeerd dan de 15 tot 20 jaar die nodig is voor de realisatie van een nieuwe kerncentrale. Dit betekent dat alternatieven wel bijdragen aan de doelen die in het Coalitieakkoord en in de Klimaatwet voor 2030 zijn gesteld, terwijl kernenergie dat niet doet. Met name energiebesparing levert al op korte termijn (binnen drie jaar) resultaat;
- CO₂-impact. De CO₂-impact van 5 miljard investeren (CO₂-reductie/euro) in 24/7 groene energie is ongeveer 1,5 keer groter dan de mogelijke impact van kernenergie. Energiebesparing is per euro op de korte termijn iets duurder om CO₂-terug te brengen (met name grote maatregelen zoals spouwmuren), maar de bijbehorende eenmalige investering heeft elk jaar opnieuw een energie- en CO₂-besparend effect, terwijl andere alternatieven jaarlijkse kosten behoeven. Ook zijn batterijen, geothermie en energiebesparing sneller te realiseren dan kernenergie. Daarmee kan de verwachte kostenefficiëntie ook eerder gerealiseerd worden.
- Bredere maatschappelijke voordelen. Daarnaast kennen deze investeringen andere voordelen dan puur emissieloze elektriciteit. Extra inzet op energiebesparing kent bijvoorbeeld aanzienlijke voordelen op de korte termijn met betrekking tot het verlagen van de energierekening, het tegengaan van armoede en het stimuleren van lokale (toegankelijke) werkgelegenheid, die niet van toepassing zijn op investeringen in kernenergie. Het maatschappelijk draagvlak voor besparing is groot en het maatschappelijk risico is aanzienlijk lager. Investeringen in 24/7 energiealternatieven stimuleren innovatie in modernere technieken met veel potentieel op langere termijn, zeker ten opzichte van een mogelijke investering in een derde generatie kernreactor;
- Mogelijke beperkingen. Energiebesparing lost slechts beperkt het probleem van een meer weersafhankelijke elektriciteitsvoorziening op. Geothermie, een hoogspanningsnet of opslaginfrastructuur hebben als voordeel dat zij de seizoensuitdagingen en onbalans van hernieuwbare opwek kunnen ondervangen, maar tegelijkertijd ondervinden deze opties uitdagingen gekarakteriseerd door een onvolwassen markt.

Beschouwing

- Nieuwe kerncentrales bieden geen oplossing voor energie en klimaatproblemen de komende 20 jaar. Nieuwe kerncentrales zijn bij uitstek geen *quick win*. Een of meerdere volwaardige kerncentrales zijn kostbaar, staan niet binnen nu en tien jaar, draaien daarna minimaal 25 jaar maar waarschijnlijk langer en behoeven dus een locatie die niet alleen anno 2022, maar ook anno 2060 of zelfs 2095 veilig is. Daarbij is er nog geen oplossing voor de veilige, permanente en duurzame opslag

van kernafval. Dit onderstreept het belang van een zorgvuldige afweging over de beste besteding van publieke middelen voor de transitie naar een duurzame energievoorziening.

- De rekening voor de bouw en exploitatie van kerncentrales is onvoorspelbaar en zal (grotendeels) komen te liggen bij de belastingbetaler. De marktconsultatie is helder: bouwers, toeleveranciers en exploitanten willen wel leveren maar geen risico dragen, financiers zien 'zwarte zwanen' van wieg tot graf en leggen die bij de overheid neer. Vanuit financieel oogpunt is er geen sprake van een bewezen technologie met een voorspelbare prijs. De markt is alleen geïnteresseerd als de overheid het overgrote deel van de risico's draagt. In risicotermen is de Nederlandse overheid de ontwikkelaar, financier en exploitant van kernenergie. De belastingbetaler absorbeert de (externe) kosten.
- Optimaal pakket vraagt samenwerking en innovatie. De energiemarkt is een Europese. Indien je vanuit Nederlands perspectief op korte termijn iets wil doen aan energieonafhankelijkheid, CO₂-reductie en energiezekerheid lijkt het verstandiger om met buurlanden tot een gezamenlijk optimaal pakket te komen dan om zelf in te zetten op een verouderde technologie met veel risico's. Een mix waarbij fors wordt geïnvesteerd in energiebesparing (voor een direct en breed welzijnseffect), samenwerking en verbindingen met omringende landen en (innovaties in) zon, wind en opslag (batterij en waterstof) lijkt daarbij een doelmatiger besteding van € 5 miljard dan nieuwe kerncentrales op Nederlands grondgebied met alle financiële risico's van dien.

1. Verantwoording

1.1 De vraag

De discussie over de toekomstige energievoorziening is, anno 2022, sterk gepolariseerd en gepolitiseerd. Het uitgangspunt van een geliberaliseerde energiemarkt, gedreven door de juiste set aan marktprikkels, blijkt uitdagend in de grote transitie naar een zero-carbon energiesysteem: de snelheid van hernieuwbare energie-innovaties is onzeker, de roep om energie-onafhankelijkheid groeit met het Oekraïneconflict en tegelijkertijd is de noodzaak voor duurzame versnelling groter dan ooit. Deze maatschappelijke afwegingen en onzekerheden vragen om politieke sturing. De discussie over de toekomst van kernenergie neemt hierin een prominente plek.

De aanleiding voor dit rapport is het voornemen van het Kabinet Rutte IV om € 5 miljard te investeren in kernenergie. De analyse is primair financieel van aard. Andere vraagstukken en afwegingen (veiligheid, energiemix, techniek, geopolitiek, afval) komen langs vanwege de financieel- economische implicaties maar vormen niet de kern.

De vragen zoals wij deze hebben willen beantwoorden:

1. Welke rol kunnen nieuwe kerncentrales innemen in Nederland? We reflecteren onder andere op de potentie van kernenergie, de kosten in vergelijking met alternatieven (inclusief de leercurves en systeemimplicaties), de risico's (inclusief bij welke partijen deze risico's liggen) en de bredere maatschappelijke kosten en baten;
2. Welke alternatieve investeringen die een bijdrage leveren aan een duurzame energievoorziening zijn denkbaar? We zetten de investering van € 5 miljard voor kernenergie af tegen verschillende alternatieve investeringen, zoals energiebesparing/isolatie, groene energie en opslag.

De centrale vraag is of de voorgenomen investering te verkiezen is, gegeven de aan kernenergie verbonden voor- en nadelen en hoe deze zich verhoudt tot eventuele alternatieve aanwending van middelen ten bate van een duurzaam energiesysteem.

1.2 Timing en plaats van dit onderzoek

Dit onderzoek is afgesloten op 10 oktober 2022. Informatie beschikbaar tot dat moment is meegenomen, inclusief de studies die het Ministerie van EZK september 2022 naar de Tweede Kamer heeft gestuurd.¹

¹ Bron: Witteveen en Bos (2022), *Scenariostudie Kernenergie*

2. Reflectie op rol kernenergie in Nederland

2.1 Wat wil het Rijk kopen?

Om iets te vinden van de voorziene besteding, laat staan een vergelijking te maken met alternatieven die eventueel zouden kunnen worden gekozen, is het nodig om te weten hoe de genoemde "€5 miljard" wordt ingezet. Onder het kopje 'nucleair' is een breed spectrum van mogelijkheden denkbaar variërend van onderzoek naar en ontwikkeling van een nieuwe generatie veiligere en schonere reactoren ('vierde generatie'), bestaande reactoren (tweede/derde+ generatie) of kleine modulaire reactoren (Small Modular Reactors; SMR's: modulair/kleiner gebaseerd op bestaande techniek).

De aanwijzingen over de koers tot op heden:

1. Het Coalitieakkoord Rutte IV spreekt, naast levensduurverlening van Borssele over *"de benodigde stappen voor de bouw van 2 nieuwe kerncentrales"*. Over die stappen stelt het Coalitieakkoord: "Dat betekent onder andere dat wij marktpartijen faciliteren bij hun verkenningen, innovaties ondersteunen, tenders uitzetten, de (financiële) bijdrage van de overheid bezien, wet- en regelgeving waar nodig in orde maken. Ook zorgen we voor de veilige, permanente opslag van kernafval."
2. De kamerbrief in juli 2022 (DGKE-E/22203735) over het energiesysteem geeft daarbij uitdrukkelijk aan dat er *"voldoende ruimte gelaten moet worden voor nieuwe ontwikkelingen die dat systeem mede bepalen zoals de mogelijke rol van Small Modular Reactors (SMRs) in het energiesysteem van de toekomst."*

Met het oog op een reële vergelijking met alternatieven en afgaand op de beschikbare informatie wordt op basis van bovenstaand uitgegaan van een investering van €5 miljard in twee nieuwe kerncentrales dan wel een investering van een vergelijkbare som in SMR's. Dit is ook het meest in lijn met de financiële bijlage van het Coalitieakkoord waar gesproken wordt over "cumulatief €5 miljard" voor "bouw kerncentrales". Dat betekent niet dat er geheel niets wordt gedaan aan nieuwe technologie (vierde generatie) maar de genoemde € 5 miljard lijkt hier niet voor bedoeld te zijn.²

De inzet op kernenergie moet mede worden bezien vanuit de achtergrond van klimaatverandering. Het Coalitieakkoord stelt "dat Nederland in Europa koploper wil zijn bij het tegengaan van de opwarming van de aarde". Het doel van de Klimaatwet wordt aangescherpt naar 55% CO₂-reductie in 2030 met een hogere opgave (60%) "om dit doel ook zeker te halen". Verder wordt ingezet op een reductie van 70% in 2035 en 80% in 2040. In het licht van de coalitiedoelstellingen op het gebied van circulariteit mag daarnaast worden verondersteld dat de bouw klimaatneutraal en circulair zal zijn.

Circulaire bouw van een kerncentrale

Circulaire bouw van een kerncentrale is nog wel een uitdaging gezien het feit dat er ongeveer 1,2 miljoen ton beton (520.000 kubieke meter) en 67.000 ton staal nodig is voor de bouw van een 1 GW centrale en na exploitatie radioactief bouw materiaal resteert. Om de emissie te vergelijken met andere producten zoals windmolens is bepalend van welke levensduur wordt uitgegaan.

² Zie voor een uitgebreidere beschrijving van 4 generaties reactortechnologie onder meer KMPG 2021, hoofdstuk 1. Vierde generatie kernreactoren zijn nieuwe ontwerpen die bijvoorbeeld op een andere koeltechniek gebaseerd zijn (zout) of een andere energiebron kennen (Thorium) hetgeen positieve impact heeft op veiligheid en/of afvalstromen.

Het voornemen in het Coalitieakkoord werd voorafgegaan door het standpunt van de VVD zoals verwoord door toenmalig fractievoorzitter Klaas Dijkhoff dat klimaatdoelen zonder nieuwe kerncentrales onhaalbaar zouden zijn. In 2021 is naar aanleiding van de motie-Dijkhoff (Kamerstuk 35570, nr 11) onderzoek gedaan door KPMG naar de voorwaarden waaronder marktpartijen willen investeren in kerncentrales in Nederland en welke publieke ondersteuning daarvoor nodig is.³ Daarbij is tevens gekeken welke regio's een kerncentrale zouden willen en kunnen herbergen. In september 2022 zijn vervolgens nog een Scenariostudie kernenergie (Witteveen & Bos et al) en een case study onderzoek (Baringa 2022) naar financieringsmodellen naar de Tweede Kamer verstuurd door de Minister van EZK. De resultaten uit de marktconsultatie en deze twee studies worden langsgelopen in de volgende paragraaf.

2.2 Resultaten marktconsultatie en vervolgonderzoek

Het consultatieverslag van KPMG is gebaseerd op een brede sondering van marktpartijen (41), waaronder overheidsinstanties (ANVS, COVRA, RWS) en netbeheerder TenneT en een keur van nationale en internationale financiers. Indien we PZEM (eigenaar Borssele) buiten beschouwing laten resteren alleen URENCO en Thorizon (nucleaire start up, vierde generatie) als Nederlandse partijen, voor het overige gaat het om internationale (toe-)leveranciers. Het aantal leveranciers van kerncentrales wereldwijd is beperkt. Om geopolitieke redenen vallen Russische en Chinese bouwers af en resteert Westinghouse (VS), KEPCO (Zuid Korea) en het afgelopen zomer genationaliseerde EDF (Frankrijk) waarbij de laatste steevast is ingeschakeld bij bouw van recente centrales in NW Europa (Olkiluoto, Flamanville, Hinkley Point).

De marktpartijen wijzen op de volgende punten betreffende het type reactor en locatie:





- Vierde generatie kernreactoren herbergen voordelen op het gebied van veiligheid en afval, maar marktintroductie is naar verwachting pas na 2040, te laat voor het behalen van klimaatdoelstellingen in 2050. *In de marktconsultatie waren de 2030-2035-2040 doelstellingen van het Coalitieakkoord nog niet bekend.*
- Mede door deze late marktintroductie is het volgens het merendeel van marktpartijen aan te raden te kiezen voor een bewezen ontwerp (generatie III+), waarmee tevens het risico van "First of a Kind" (FOAK) wordt vermeden. Door niet te kiezen voor FOAK worden kosten bespaard. Die besparingen kunnen nog toenemen bij het in serie (meerdere reactoren) bouwen. *Seriebouw is in Nederland zeer onwaarschijnlijk mede omdat er feitelijk maar 1 locatie is.*
- Een kleine modulaire reactor (SMR) vormt een interessante optie. Tegelijkertijd zijn exacte kosteninschattingen moeilijk omdat SMR nog steeds in ontwikkeling is, waarbij SMR's dus ook gevoelig zijn voor FOAK problematiek. De verwachte LCOE voor SMR is € 40-91 per MW, ten opzichte van € 35-84 voor reguliere grote reactoren. Prijstechnisch is een SMR dus iets duurder waarbij er aan SMR's ook "FOAK-risico's" verbonden zijn. *Een SMR is duurder en indien de start naar voren wordt gehaald mogelijk aanzienlijk duurder. De scenariostudie stelt overigens vast dat er pas echt zicht komt op de potentie van SMR in de jaren dertig. In die zin is discussie nu over SMR als productiemogelijkheid voorbarig.*

3 Overigens was door PBL (2018) al het volgende gesteld: "Zonder staatssteun is in de huidige markt investeren in kernenergie niet aantrekkelijk voor private partijen. Een pakket met kernenergie sluit daarom niet aan bij de huidige beleidsrealiteit." Zie bron: [PBL \(2018\), Kosten energie en klimaattransitie in 2030](#), p. 65

- Een 'reguliere' generatie III+ kerncentrale kan naar verwachting gerealiseerd worden na 11-15 jaar vanaf de start van het vergunningstraject. De eerste SMR's worden pas na 2027-2033 commercieel beschikbaar. Vergunning en bouw kosten hierna naar verwachting 10 jaar. *Dat wil zeggen dat – wil Nederland niet tegen FOAK-problematiek aanlopen en bewezen technologie kopen – SMR-reactoren niet voor 2037-2043 gerealiseerd kunnen worden. Dat betekent een vergelijkbaar moment van oplevering ten opzichte van een reguliere centrale.*
- Het aantal geschikte Nederlandse kernenergielocaties is beperkt, ook voor SMR's. Op dit moment is één locatie reëel (Borssele) – draagvlak, bevolkingsdichtheid, energie-infrastructuur en in toenemende mate gebrek aan koelwater zijn grote knelpunten. *Ondanks het geringe directe ruimtebeslag is het aantal denkbare locaties voor kernenergie zeer beperkt.*

Specifiek op financieel gebied valt het op dat marktpartijen verschillende zekerheden nodig hebben om een investering te doen in kernenergie, voortkomend uit de substantiële risico's op het gebied van maatschappelijke acceptatie, politieke richting en veiligheid. Deze voorwaardelijke zekerheden worden over het algemeen niet meegenomen in de berekeningen van levelised cost of energy (LCOE; zie 2.3 voor meer) die gangbaar zijn om technieken met elkaar te vergelijken. Marktpartijen geven aan dat private financiering zonder 'vergaande garanties' vanuit de overheid niet of lastig haalbaar is. Marktpartijen verlangen onder andere een garantie op vergunningsrisico's, omzet- en rendementszekerheid, garanties op onvoorziene kostenstijgingen in het kader van ontmanteling en een garantie op het afdekken van black swan-risico's zoals een incident. Onderstaande figuur vat de gewenste steun – van voorbereiding tot ontmanteling – samen.

Figuur 1. Overzicht van risico's en gewenste overheids garanties bij nieuwe kerncentrales

Voorbereiding 	Bouw 	Exploitatie 	Ontmanteling 
Risico op verkrijgen vergunning afgedekt	Vergoeding bij bouw (RAB)	Omzetzekerheid	Onvoorziene kostenstijgingen
Voornemens financieren overheid	Garantie op vergunningsrisico's	Rendementszekerheid	Afval naar COVRA die voor eindberging zorgt, vrijwaring exploitant
Financieel instappen EDF onwaarschijnlijk geacht	Garantie op kostenstijgingen	Kosten van ongelukken/incidenten	Maximering ontmantelingskosten (mag niet leiden tot rendement onder 7-15%)
Ter overweging aan overheid om centrale in eigen beheer te bouwen en financieren; eventuele overdracht bij exploitatie	Een financieel belang van de overheid	Draaien als basislast inclusief afschakelen zon/wind; anders compensatie	
	FOAK risico's SMR	Een SDE of CfD voor een periode van 35 jaar of langer	
		(cyber-) terrorisme	

Anders dan wat men van een uitontwikkelde techniek (III/III+) zou mogen verwachten worden veel 'zwarte zwanen' bij de belastingbetaler neergelegd, van wieg (vergunning) tot exploitatie tot graf (ontmanteling). Voor een periode van 50-70 jaar (nog afgezien van de kosten voor permanente opslag van radioactief afval). Risico's die bij andere vormen van energieopwekking niet gedragen worden door de overheid. Dit roept vragen op omtrent *level playing field* en staatssteun.

Zwarte Zwanen in de recente geschiedenis

- De voorbereidingskosten voor de bouw van Hinkley Point bedroegen € 2 miljard (marktconsultatie KPMG 2021). Het CfD-model garandeert EDF een vaste prijs (£92,50/MWh (in prijzen 2012 die tijdens bouw gekoppeld worden aan inflatie...)) voor een periode van 35 jaar. Met de bouw en exploitatie van Hinkley Point gaat de Britse belastingbetaler een zeer grote financiële opgave aan voor een lange periode (vergelijk bijvoorbeeld SDE+ die 15 jaar geldt en neerwaarts tendeert).
- De bouw van Olkiluoto 3 (thans € 11 miljard) heeft 3,5 miljard meer gekost dan begroot; de realisatie is met 12 jaar vertraagd ten opzichte van de eerdere planning waardoor (Baringa 2022).
- De realisatie van Hinkley Point is tot op de dag van vandaag voortdurend vertraagd. Schattingen over de bijdrage van de overheid aan de exploitatie (verschil 'strike price' en wholesale price') bedragen €31,4 – 55,5 miljard (o.a. National Audit Office 2017). Alleen al de ontmantelingskosten worden geschat op € 8,4 miljard.

- De extra kosten voor ontmanteling en permanente opslag van afval bedroegen het afgelopen decennium in Duitsland € 8,6 miljard en dit getal is zeer waarschijnlijk gedateerd (Ministerie van Milieu, Natuurbehoud en Nucleaire veiligheid DE, 2015) en in werkelijkheid veel hoger.
- De directe en indirecte kosten van Fukushima worden geschat op tussen de €170 en 800 miljard (Scientific American 2018; Japanese Centre for Economic research 2019). Bij een vergelijkbaar ongeluk in Nederland zou de Rijnmond of de Antwerpse Haven stil komen te liggen.
- De directe (afsluiten, medische zorg, beging) en indirecte kosten (wegvallen areaal) van Tjernobyl zijn door de VN en de Wereldbank in 2006 geschat op € 215 miljard.

In lijn met de uitkomsten van de marktconsultatie constateert de scenariostudie dat actieve participatie van de rijksoverheid essentieel is; in ontwikkeling, bij bouw, bij afname. Dat “zorgt er met name voor dat de financieringslasten lager zijn”. Deze opmerking, die terecht constateert dat lage rentelasten sterke invloed hebben op de kosten, doet wel de vraag oproepen hoe een reële vergelijking te maken met enige andere vorm van opwek waar deze interventies van de overheid niet aan de orde zijn. De zwarte zwanen die zo prominent waren in de marktconsultatie komen overigens maar beperkt aan de orde in de scenariostudie.

Uit het pallet aan financieringsmodellen adviseert de scenariostudie (Witteveen & Bos) te kiezen voor een model van “Regulated Asset Base” (waarbij reeds tijdens bouw vergoedingen worden verstrekt aan investeerders), participatie in Eigen en Vreemd Vermogen door de rijksoverheid en het hanteren van een “Contract for Difference” tijdens exploitatie. Als dat laatste voor de hele periode zou zijn praat je over 60 jaar. Een dergelijke wijze van financiering zou een “First Of A Kind” zijn, niet alleen in Nederland maar ook in Europa. Baringa merkt hierbij terecht op dat bij een RAB model de belastingbetaler (een deel van) de risico's draagt van *high impact events* zoals vertragingen en gestegen bouwkosten. Daarbij draagt de belastingbetaler al bij vanaf de start van de bouw, ver voordat eventuele voordelen via de elektriciteitsvoorziening terugvloeien. De vraag is hoe dat zich verhoudt tot de rol van de overheid bij andere investeringen in duurzame energie. De overheid wordt ontwikkelaar en exploitant op de energiemarkt in Nederland.

Net als Witteveen&Bos concludeert ook Baringa dat de overheid een grote rol moet spelen om investeerders over de streep te trekken, via: 1) *assured revenue to investors* en 2) *reduce risk and provide low cost of capital*. Dit bevestigt het beeld van de scenariostudie en van de marktconsultatie van KPMG: als de overheid niet een groot deel van de kosten en risico's draagt, worden er geen nieuwe kerncentrales gebouwd in Nederland. De vraag moet worden gesteld of de Nederlandse overheid in staat is (de risico's van) een dergelijk project te managen.

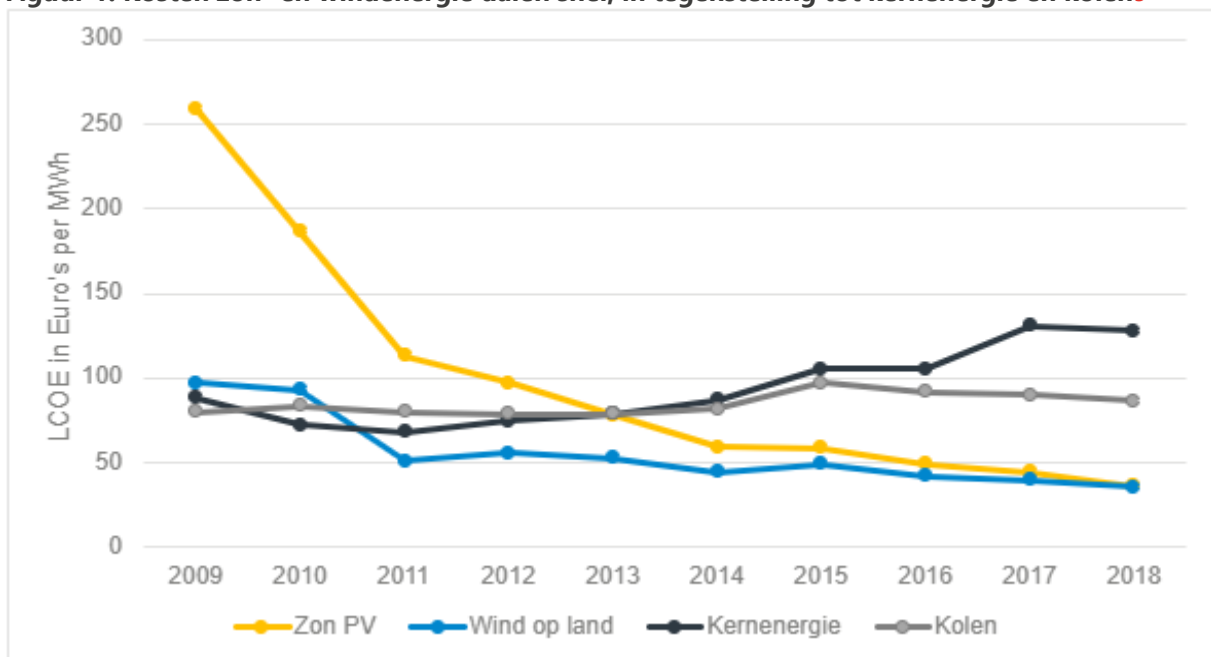
2.3 Kostenpotentieel

Wanneer de potentiële kosten van een technologie worden vergeleken, moet er een onderscheid worden gemaakt tussen enerzijds de kosten op het niveau van een individuele eenheid/centrale en anderzijds de invloed die toevoeging van deze techniek heeft op de kosten van het gehele energiesysteem. Deze twee aspecten zijn gerelateerd, maar niet op een eenduidige manier. Zo kan een dure techniek op individueel niveau toch een drukkend effect hebben op de totale systeemkosten en vice versa.

Voor het bepalen van de kosten van kernenergie op het niveau van een individuele centrale is de levelised cost of electricity (LCOE) een breed geaccepteerde indicator. Deze geeft de totale individuele kosten van een technologie weer over de gehele levensduur per eenheid geproduceerde elektriciteit, uitgedrukt in €/MWh (de productiekosten). Zoals de studie van Witteveen & Bos laat zien kan de hoogte van de LCOE sterk worden beïnvloed door aannames over inflatie, brandstofprijzen, marktprijzen en vooral kapitaalkosten en de lengte van de ontwikkel- en bouwperiode. Een overheidsgarantie kan de kapitaalkosten drukken (omdat er dan minder hoge risico-opslagen voor vreemd en eigen vermogen kunnen worden gerekend) en daarmee de LCOE.⁴ De LCOE geeft hiermee mogelijk een vertekend beeld, omdat verschillende technieken in verschillende mate worden ondersteund. Kernenergie komt zonder garanties die de financieringslasten drukken niet van de grond, wind- en zon- zijn lange tijd gesubsidieerd via de thans geldende 'SDE++'.

Toch blijft de LCOE een breed gehanteerde indicator om de kosten van verschillende technieken op individueel niveau met elkaar te vergelijken. Figuur 1 zien dat de kosten per MWh van zon en wind in de periode 2009-2018 sneller zijn gedaald en lager liggen dan de kosten van kernenergie (en kolen).

Figuur 1. Kosten zon- en windenergie dalen snel, in tegenstelling tot kernenergie en kolen⁵



De verwachting is dat dit beeld niet verandert in de toekomst. In een scenario-studie van TNO wordt in 2050 99% van de elektriciteit duurzaam opgewekt. TNO geeft daarbij aan dat hun beide scenario's de inzet van kernenergie niet uitsluiten, maar dat het kosten geoptimaliseerde model geen inzet van kernenergie laat zien: "De kosten van kernenergie zijn structureel hoger dan die van wind- en zonne-energie."⁶

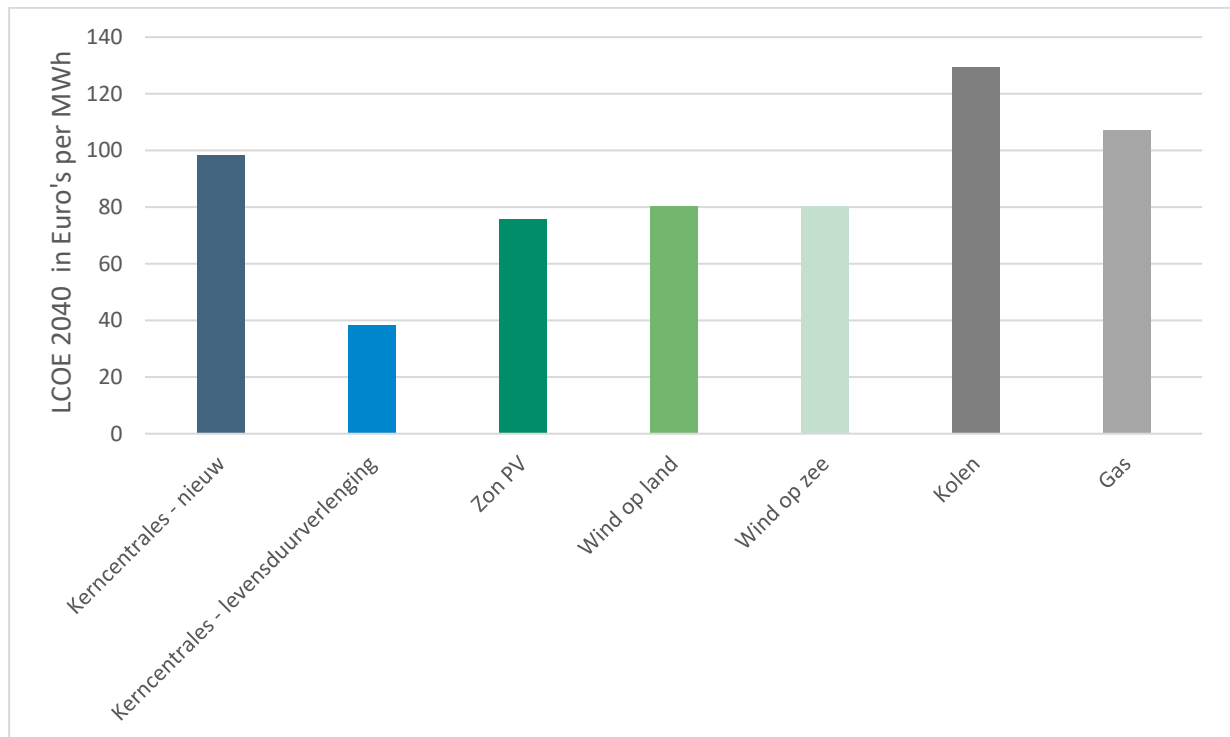
⁴ Bron: Witteveen en Bos (2022), *Scenario studie Kernenergie*, p. 40

⁵ Bron: Lazard (2018), *Levelized Cost of Energy Analysis – Version 12.0* - eigen bewerking, eurokoers uit verzamelde bijlagen bij CPB/MEV

⁶ Bron: TNO (2020), *Scenario's voor een klimaatneutraal energiesysteem*, p. 17

Het IEA (2019) heeft de LCOE voor verschillende technieken in 2040 in de Europese Unie geraamd. Dat beeld is vergelijkbaar: de kosten van nieuwe kernenergie liggen boven die van wind- en zonne-energie. De LCOE van levensduurverlenging van kerncentrales liggen daarentegen volgens het IEA lager.

Figuur 2. Zon en wind ook in 2040 goedkoper dan nieuwe kernenergie⁷



Opvallend is dat bij Witteveen & Bos de kosten voor zon, wind en opslag blijven dalen tussen 2040 en 2050 terwijl voor kernenergie in beide jaren met dezelfde kostenscenario's wordt gerekend.⁸

⁷ Geprojecteerde LCOE in euro's per MWh voor de EU in 2040. Data van IEA (2019), eigen bewerking (euro = 1,12 dollar), zie: IEA, Levelised cost of electricity in the European Union, 2040, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/levelised-cost-of-electricity-in-the-european-union-2040>, bezocht op 13 september 2022.

⁸ Bron: Witteveen en Bos (2022), *Scenariostudie Kernenergie*, p. 19

De kosten op het niveau van een individuele kerncentrale versus windmolen of zonnepark geven echter geen volledig beeld van de totale kosten op systeemniveau. Aangezien de productie van elektriciteit vanuit hernieuwbare energiebronnen zoals wind en zon weersafhankelijk is, brengen wind- en zonneparken relatief hoge integratiekosten met zich mee in vergelijking met kolen-, gas-, biomassa- en kerncentrales. Omdat het niet altijd waait en de zon niet altijd schijnt, is flexibiliteit nodig om mismatches tussen vraag en aanbod op te vangen – bijvoorbeeld door het elektriciteitsnet te verzwaren. Dit zijn kosten die over het algemeen uit belastinggeld worden betaald maar niet worden inbegrepen in de LCOE-berekeningen. Die behoefte tot flexibilisering wordt groter naarmate het productieaandeel van zon- en windenergie stijgt. Gascentrales zorgen nu voor stabiliteit door 'regelbaar vermogen' (zij kunnen 'op afroep' op- en afschakelen als de situatie daarom vraagt). Tegelijkertijd kan gas die rol richting 2040 niet in dezelfde mate blijven vervullen dan nu omdat de emissies daarvan te hoog zijn. Batterijen kunnen een belangrijke rol spelen, maar de vraag is of zij ook grotere periodes van een mismatch tussen vraag en aanbod (een strenge winter met weinig wind) kunnen overbruggen – vooralsnog zijn batterijen geschikter voor korte periodes van flexibiliteit.

Hoewel een individuele kerncentrale duur is ten opzichte van wind en zon, kan een kerncentrale alsnog de totale systeemkosten drukken. RLI heeft verschillende studies samengevat waarin de nationale (systeem) kosten van verschillende soorten CO₂-arme energiesystemen (met verschillende combinaties van technologieën) met elkaar worden vergeleken en met name gekeken hoe de kosten van een systeem met en zonder kernenergie zich tot elkaar verhouden.⁹ In de meeste studies zijn de totale kosten met kernenergie lager dan de totale kosten zonder kernenergie. De bevindingen uit de door RLI bekeken modelstudies spreken elkaar echter vaak tegen als gevolg van verschillen in de gehanteerde aannames, bijvoorbeeld wat betreft de constructie- en ontmantelingskosten van de technologieën. Welke aannames de Nederlandse situatie het beste weerspiegelen, is tot op heden niet wetenschappelijk beoordeeld. Het feit dat er meer studies zijn die erop wijzen dat de kosten op systeemniveau lager zijn wanneer kernenergie deel uitmaakt van het systeem, hoeft dan ook niet te betekenen dat dit voor Nederland de juiste conclusie is.¹⁰

De scenariostudie kernenergie van Witteveen & Bos (2022) gaat wel op de specifieke Nederlandse situatie in. De scenariostudie concludeert: "de kosten van nu in aanbouw zijnde kerncentrales in Europa liggen een stuk hoger dan verwacht. Indien met die kosten zou worden gerekend, volgt uit de optimalisatie dat de inzet van kernenergie niet kostenoptimaal is op systeemniveau." Alleen als grootschalige kernenergie zonder overschrijding van budget en bouwperiode gerealiseerd kan worden en indien SMR's hun kostenambitie waarmaken (€ 2.700 per kW), dan kan er een significante rol voor kernenergie in het Nederlandse energiesysteem zijn.

De scenariostudie gaat uit van een bouwtijd van ongeveer 10 jaar, een exploitatieperiode van 60 (!) jaar voor 3GW en twee keer € 6 miljard aan publieke investeringen. De aannames, met name met betrekking tot de kapitaalkosten (een participerende overheid om rentelasten te drukken) en bouwtijd zijn daarbij zeer bepalend. Hetzelfde valt te zeggen over het uitsmeren van de exploitatie over zestig jaar. Tussentijds zullen herinvesteringen moeten worden gemaakt, en levensduurverlengingen zoals thans bij centrales zoals Borssele behoeven in de praktijk forse subsidies. De vraag is of deze anno 2060 – 2070 rendabel zijn met de ontwikkeling van veiligere en milieuvriendelijkere centrales (Generatie IV) en wellicht kernfusie. Het gevaar van 'stranded assets' ligt op de loer bij op zichzelf gewenste technologische doorbraken.

⁹ Bron: RLI, *Splijfstof? Besluiten over kernenergie vanuit waarden*, 2022, p. 74

¹⁰ Bron: RLI, *Splijfstof? Besluiten over kernenergie vanuit waarden*, 2022, p. 74

Ook onder de gunstige aannames waarbij kernenergie een rol kan spelen is de uiteindelijke invloed van kernenergie op de totale kosten van het Noordwest-Europese energiesysteem beperkt. De totale kosten van het Noordwest-Europese energiesysteem dalen in 2050 met minder dan 1 procent per jaar. De integrale kostprijs van energie in 2050 daalt van € 38,4 per MWh in het scenario zonder kernenergie naar respectievelijk € 38,2 en 38,0 per MWh in de scenario's met grootschalige kernenergie (waarbij 5,5 GW aan kerncentrales binnen Nederland geplaatst wordt) en het SMR-scenario (met 14,5 GW extra kernenergie in Nederland).¹¹

Terwijl de kosten voor heel Noordwest-Europa afnemen, zouden de jaarlijkse kosten voor het energiesysteem binnen de Nederlandse landsgrenzen stijgen. In het geoptimaliseerde scenario zonder kernenergie zijn de jaarlijkse kosten voor het energiesysteem € 8,7 miljard in 2050. Dit neemt toe tot respectievelijk € 11 en 13 miljard per jaar voor het scenario met grootschalige kernenergie en in het SMR-scenario.¹² Dat zowel de totale kosten van het energiesysteem als de kostprijs maar kleine verschuivingen laten zien, is volgens Witteveen en Bos "een indicatie van de talrijke nabij-optimale systeemoplossingen die binnen kleine kostbandbreedtes bestaan."¹³ Een goede afstemming tussen landen is hierbij een belangrijke voorwaarde om tot zulke nabij-optimale systeemoplossingen te komen. Zo staat er in het scenario zonder kernenergie in 2040 in Frankrijk nog 40 GW aan bestaande kerncentrales en 6 GW in het VK, terwijl Nederland 46 GW aan wind op zee realiseert (waaruit kan worden afgeleid dat Nederland relatief gunstige wind op zee condities heeft).¹⁴

Een belangrijke vraag voor de mogelijke invloed op systeemkosten is in hoeverre kerncentrales flexibel inzetbaar zijn. Een energietechnologie die wordt ingepast in een bestaand energiesysteem met een groot aandeel fluctuerende energiebronnen – waar het Coalitieakkoord op inzet – kan vooral waarde creëren op systeemniveau als zij 'op afroep' energie kan produceren. Daarmee ontstaat immers een hogere mate van flexibiliteit in de elektriciteitsproductie. Er hoeven minder kosten te worden gemaakt om binnen een energiesysteem de productie van en de vraag naar elektriciteit op elkaar af te stemmen, wanneer de productie flexibeler plaatsvindt.¹⁵ Kerncentrales lijken echter niet goed geschikt om tijdelijke tekorten op te vangen. Technisch gezien blijft het ingewikkeld om kerncentrales aan/uit te zetten en op/af te schalen. De technologie is niet flexibel en snel in vergelijking met bijvoorbeeld een gascentrale. Kerncentrales kunnen in theorie waterstof produceren op momenten dat andere technologieën (met lagere marginale kosten) voldoende elektriciteit produceren, waardoor zij minder vaak hoeven af te schalen. De technologie is echter nog niet op grote schaal bewezen en sommige marktpartijen en studies gaven aan dat waterstof geproduceerd uit kernenergie mogelijk niet kan concurreren met andere technologieën.¹⁶ Naast de technologie is er ook een economisch argument. De bouw van een kerncentrale is een grote investering die het beste kan worden terugverdiend als de centrale zoveel mogelijk draait. De marginale kosten van de brandstof van een kerncentrale zijn erg laag (uranium is goedkoop per MWh), in tegenstelling tot kolen- en gascentrales. Dat maakt kerncentrales meer geschikt voor de basislast dan voor flexibele inzet. In de marktconsultatie van KPMG geven marktpartijen dan

¹¹ Nota bene: indien SMR's niet enkel in Nederland, Frankrijk en het VK mogen worden geplaatst maar in alle landen dan is er in de scenariostudie nog enkel 1 GW in Zuidoost-Nederland kostenoptimaal. SMR's komen dan vooral in regio's ver uit de kust, met gematigde windcondities en een hoge vraag zoals in het zuiden en westen van Duitsland, oosten van België en Luxemburg.

¹² Bron: Witteveen en Bos (2022), *Scenariostudie Kernenergie*, p. 95

¹³ Bron: Witteveen en Bos (2022), *Scenariostudie Kernenergie*, p. 95

¹⁴ Bron: Witteveen en Bos (2022), *Scenariostudie Kernenergie*, p. 18-19

¹⁵ Bron: RLI (2022), *Splijtstof? Besluiten over kernenergie vanuit waarden*, p. 74

¹⁶ Bron: KPMG (2021), *Marktconsultatie kernenergie*, p. 21

ook aan dat inzet als basislast de meest economische wijze van inzet is.¹⁷ Die inzet als basislast komt overigens niet vanzelf tot stand, want hoewel kernenergie lagere marginale kosten kent dan fossiele alternatieven, kennen wind- en zon nog lagere marginale kosten. Daardoor bestaat de mogelijkheid dat wind en zon kernenergie uit de markt drukken bij piek productie (als er veel wind en/of zon is) en onvoldoende vraag om het piekaanbod af te nemen. Volgens TenneT zal een nieuwe kerncentrale in 2030 nog maar 68% van de tijd kunnen draaien omdat het aandeel van wind- en zon zo sterk toenemen.¹⁸ Wil de overheid de kerncentrale volcontinu laten draaien, dan zal er een prijsgarantie moeten komen om de kerncentrale onder de kostprijs te laten produceren.¹⁹ Zie ook paragraaf 2.2.

2.4 Deelconclusies

Het Rijk wenst te investeren in nieuwe Nederlandse kerncentrales die als fundament gebaseerd zijn op technologie uit 1990 (generatie III) die vervolgens is doorontwikkeld (III+). **Ondanks het feit dat het hier gaat om bewezen technologie blijkt uit de marktconsultatie en de Witteveen & Bos studie dat financiers uiterst terughoudend zijn en verwachten dat de overheid belangrijke risico's van deze investeringen van wieg tot graf afdekt.** Indien kerncentrales worden gerealiseerd conform de geopperde suggesties van marktpartijen dan wordt het adagium 'de vervuiler betaalt' tot ver in de 21^e eeuw niet toegepast.

Met 5 miljard koop je een zeer bescheiden aandeel nucleair vermogen; een dergelijke start vereist hierna nog een veelvoud aan investeringen waarbij zeer wel denkbaar is dat de volledige financiering op conto van de overheid komt. Met een reële blik op recent gerealiseerde projecten dient met kostenoverschrijdingen en vertraging rekening te worden gehouden. Eenmaal aangevangen ontstaat ook bij tegenvallers het dilemma dat alleen verder gaan voorkomt dat investeringen moeten worden afgeschreven.

Marktpartijen zelf geven aan dat het onwaarschijnlijk is dat leveranciers onder aanvoering van EDF zelf zullen investeren. Financiers benoemen dusdanig veel randvoorwaarden dat ze zelf opperen dat voorbereiding en bouw van nieuwe centrales maar op het conto van de overheid moet komen. Dat zou betekenen dat hier een bedrag van € 12-20 miljard door de overheid op tafel moet worden gelegd voor twee volwaardige centrales. Het risico wordt niet gedeeld, elke kostenoverschrijding is in deze situatie ook voor de overheid en leveranciers hebben niet echt een prikkel om de kosten beheersbaar te houden. Daarbij moet worden opgeteld dat er in Nederland niet in serie wordt gebouwd en een sterke inkooppositie ontbreekt. Het is een internationale markt, zonder wezenlijke positie van Nederlandse industrie. Het belang van Nederland als afnemer is betrekkelijk, de inkoopmacht is bescheiden. Afgaand op de uitkomsten van de marktconsultatie zit er slechts een zeer beperkte private hefboom op investeringen van de overheid.

De individuele kosten van wind- en zonne-energie liggen lager dan die van nieuwe kerncentrales. Waar de kosten van wind en zon de afgelopen decennia spectaculair zijn gedaald is dit voor kernenergie niet het geval en de verwachting is dat er bij zon- en wind nog meer potentieel is om verder te dalen in de toekomst. Naast de individuele kosten zijn er de systeemkosten. Een dure kerncentrale kan wellicht alsnog een drukkend effect hebben op de totale systeemkosten. RLI heeft verschillende studies bekeken, maar hier is niet de conclusie uit te trekken of de systeemkosten in Nederland lager zullen liggen bij de inzet van kernenergie. Bij Witteveen & Bos dalen de totale kosten

¹⁷ Bron: KPMG (2021), *Marktconsultatie kernenergie*, p. 20

¹⁸ Bron: Tennet (2020), *Monitoring leveringszekerheid*.

¹⁹ Bron: KPMG (2021), *Marktconsultatie kernenergie*, p. 20

van het energiesysteem in Europa slechts gering onder gunstige aannames terwijl de Nederlandse systeemkosten bij inzet van kernenergie stijgen. **De gunstige aannames lijken onwaarschijnlijk gezien de kostenoverschrijdingen die er afgelopen decennia zijn geweest bij de bouw van kerncentrales, de geringe ervaring van Nederland met de bouw van centrales, het feit dat de overheid de risico's zal moeten managen en het gegeven dat Nederland weinig positie heeft als inkoper op de internationale markt.**

Er zijn nabij-optimale systeemoplossingen mogelijk zonder (de maatschappelijke risico's van) kernenergie, mits er goed wordt afgestemd met andere Noordwest-Europese landen. Beleid in omliggende landen is van grote invloed op het meest optimale pad voor Nederland. Optimale systeemoplossingen zonder nieuwe kerncentrales in Nederland veronderstellen dat bestaande nucleaire capaciteit in Frankrijk en het VK benut blijft, terwijl Nederland vol inzet op wind op zee.

Een energietechnologie die wordt ingepast in een bestaand energiesysteem met een groot aandeel fluctuerende energiebronnen kan vooral waarde creëren op systeemniveau als zij 'op afroep' stroom kan produceren. De mogelijkheden voor flexibele inzet van kerncentrales lijkt vanuit economisch perspectief zeer duur en vanuit technologisch oogpunt beperkt te zijn. Grootschalige inpassing van wind- en zonenergie loopt echter ook tegen knelpunten aan. Hoe meer onvoorspelbare duurzame energiebronnen, hoe meer behoefte aan flexibiliteit in het elektriciteitssysteem. Mogelijkheden om daarmee om te gaan worden behandeld in het volgende hoofdstuk.

3. Alternatieven

In dit hoofdstuk staat de vraag centraal hoe vijf miljard ook zou kunnen worden gebruikt richting een CO₂-armere toekomst. Daarbij is naar mogelijke alternatieven gekeken die fundamenteel verschillen van kernenergie en tegelijkertijd invulling geven aan dezelfde doelstellingen: een koolstofarme dan wel neutrale energievoorziening en leveringszekerheid. In dit hoofdstuk werken we twee alternatieven nader uit: 1) energiebesparing en 2) 24/7 groene energie. Dit zijn uiteraard niet de enige alternatieven. Er zijn vele verschillende routes denkbaar op weg naar een duurzame en CO₂-arme energievoorziening. We presenteren hier slechts twee alternatieven ter illustratie van wat er ook met 5 miljard mogelijk is.

Om de mogelijke duurzame investeringsalternatieven naast elkaar te zetten rekenen we hun bijdrage aan het energiesysteem terug naar CO₂-reductie/EUR, met als uitgangspunt een kosteneffectieve decarbonisatie van het energiesysteem.²⁰ Daarnaast wordt per alternatief gekeken naar het verwachte tijdsbestek (ter illustratie van de mogelijke versnelling) en andere potentiële bijkomende maatschappelijke voordelen.

3.1 Kernenergie en alternatieve aanwending van investeringsmiddelen

De referentie is een investering in nieuwe kerncentrales. De LCOE van nucleair ligt tussen de 130-204 Dollar/MWh²¹ – gemiddeld ongeveer 141 EUR/MWh (wisselkoers 2021²², hier gaan we uit van een levensduur van 40 jaar). Bij twee centrales van 1500MW²³ en 7800 vollasturen²⁴ levert dat jaarlijks 23TWh op. De kosten zijn dan ongeveer 3,3 miljard EUR/jaar (141 * 23.000.000 MWh). Uitgaande van een emissiefactor van 0.43kg CO₂/kWh²⁵ is dat een besparing van 10 Mt CO₂/jaar. Dat is een besparing van 3.0 kgCO₂/EUR.

Wind en zon spelen een grote rol richting een CO₂-armere toekomst, maar kennen beperkingen door fysieke grenzen en materialen. Daarnaast zorgt de weersafhankelijke opwekking van energie en de onbalans op het net die daarmee gepaard gaat voor uitdagingen. Aanvullingen op wind en zon moeten dus een oplossing bieden om deze onbalans te verhelpen. In de volgende paragrafen bespreken we de alternatieven die knelpunten van wind en zon wel (deels) kunnen ondervangen. Om de alternatieven te vergelijken kijken we naar de geschatte potentie en de jaarlijkse kosten die nodig zijn om die potentie te benutten. Daarnaast vergelijken we de CO₂-besparing per jaar en per Euro die hiermee gepaard gaat. Bredere maatschappelijke aspecten zoals een mogelijke impact op (energie-) armoede en de arbeidsmarkt worden meer kwalitatief beschreven.

²⁰ NB: Bij besparing (d.m.v. laagdrempelige maatregelen) levert een investering elk jaar een CO₂-reductie op zonder significante additionele operationele kosten. Bij een investering in opwek en opslag is de besparing nog niet gegarandeerd, daarvoor moeten ook operationele kosten worden meegerekend. Daarom kijken we voor opwek en opslag naar de jaarlijkse kosten op basis van LCOE * MWh per jaar. Voor hoogspanning hebben we geen LCOE.

²¹ Bron: Lazard (2021) Levelized Cost of Energy Analysis—Version 15.0

²² Bron: [Exchangerates.org.uk](https://www.exchangerates.org.uk) - EUR-USD-spot-exchange-rates-history-2021

²³ Bron: Witteveen en Bos (2022), *Scenariostudie Kernenergie*,

²⁴ Bron: [Berenschot en Kalavasta \(2020\), Systeemeffecten van nucleaire centrales in klimaatneutrale energiescenario's 2050](#)

²⁵ Bron: <https://www.co2emissiefactoren.nl/lijest-emissiefactoren/> *Hierbij gebruiken we de emissiefactor voor de huidige energiemix in 2022. Deze factor zal in de toekomst dalen omdat een groter deel van de mix energieneutraal zal zijn. Echter hebben we het over duurzame bronnen die ter vervanging van fossiele energie dienen. De emissiefactor voor de energiemix is dus een conservatieve schatting.

In de vergelijking met een investering in kernenergie gaan we ervanuit dat de overheid de beschikbare 5 miljard direct investeert in de verschillende alternatieven, net als het geval zou zijn bij kernenergie. Hierbij houden we, voor een zuivere vergelijking, geen rekening met de mogelijkheid dat het effect d.m.v. alternatieve financieringsvormen groter kan zijn, of dat 5 miljard ontoereikend is om de volledige potentie te benutten (dit is immers ook het geval bij kernenergie). Voor nu houden we het eenvoudig en vergelijken we wat de overheid koopt voor 5 miljard in termen van CO₂. We zijn ons ervan bewust dat er nog vele afwegingen en nuances achter schuil gaan die we niet uitvoerig kunnen bespreken, maar hiermee presenteren we een alternatieve denkrichting voor het uitgeven van 5 miljard aan versnelling van de energietransitie en het oplossen van de beperkingen van wind en zon.

Alternatief	Kosten	CO ₂ -reductie	Kosteneffectiviteit	Tijdsbestek	Andere aspecten
Kernenergie	3.3 miljard EUR/ jaar	10 Mt CO ₂ /jaar	3.0 kg CO ₂ /EUR	Vanaf 2035	<ul style="list-style-type: none"> Stabiele voorziening van basislast in verhouding tot zon-PV en wind;

3.2 5 miljard extra voor Energiebesparing

Naast ingrijpen aan de aanbodzijde (zoals met nieuwe kerncentrales) kan er ook voor maatregelen aan de vraagkant worden gekozen. Een optie is om versneld en versterkt in te zetten op nationale energiebesparing, bijvoorbeeld in de gebouwde omgeving. Het Coalitieakkoord van 2022 bevat het voornemen om woningen sneller, slimmer en socialer te isoleren, te starten bij de slechtst geïsoleerde woningen. Randvoorwaarden die worden genoemd zijn de benodigde infrastructuur, beschikbaarheid van vakmensen en het betrekken van burgers. Desalniettemin merkt het PBL in haar beschouwing van het Coalitieakkoord op dat veel van de klimaatmaatregelen in de gebouwde omgeving zijn gebaseerd op vrijwilligheid, met een groot risico dat streefwaarden niet worden gehaald. Daarnaast wijst het PBL op de beschikbaarheid van vakmensen, verschillen tussen burgers in mogelijkheden voor energiebesparing en de noodzaak voor draagvlak. Consumentenonderzoeken (o.a. I&O Research, 2021) tonen aan dat de grootste knelpunten voor isolatie zijn dat men een tekort aan geld heeft, de terugverdientijd lang is, of het niet genoeg besparing oplevert.

Met het oog op deze aandachtspunten lichten wij voor het onderwerp energiebesparing dan ook een alternatief scenario uit dat rekening houdt met draagvlak en de krappe arbeidsmarkt: een scenario waarin € 4 miljard wordt geïnvesteerd in spouwmuren, € 0,5 miljard in Ledverlichting, € 61,6 miljoen in waterbesparende douchekoppen en de rest in fixbrigades voor huizen die met moeite de energierekening betalen. In tegenstelling tot de gebruikelijke subsidieroutes (SEEH en ISDE) kiezen we ervoor om in dit geval alle kosten van de verschillende maatregelen te vergoeden. Dit kan behulpzaam zijn voor huishoudens met een laag inkomen die momenteel een grote uitdaging ervaren om de energierekening te betalen. Dit kan zo tevens helpen bij het creëren van draagvlak. Mocht ervoor worden gekozen om maar de helft te vergoeden en de andere helft d.m.v. een lening te verschaffen, dan is het verwachte CO₂-effect per euro uiteraard groter dan hieronder aangenomen.²⁶

Door te kiezen voor een pakket aan makkelijk te implementeren maatregelen wordt daarnaast het probleem van de krappe arbeidsmarkt ondervangen: de maatregelen kunnen door niet-specialisten

²⁶ Hoeveel groter hangt af van de bereidheid van bewoners om de helft van de investering zelf te bekostigen/lenen – deze bereidheid zal lager zijn dan meewerken aan een volledig gedekte investering. Zodoende verwachten we dat dit effect maximaal 1,5 keer zo groot zal zijn vergeleken met volledige bekostiging.

worden geïnstalleerd, indien nodig met een korte cursus. Overigens dient bij deze besparende maatregelen rekening te worden gehouden met het risico dat besparing op één domein kan zorgen voor verbruik elders – het zogeheten ‘rebound effect’. Daarnaast kennen met name de gemakkelijk installeerbare maatregelen, zoals ledlampen en douchekoppen het aandachtspunt dat het lastig te monitoren is of de materialen daadwerkelijk worden geïnstalleerd en de reductie plaatsvindt.

Spouwmuren – 4,1 miljard

De spouwmuur is doorgaans een van de eerste grotere isolatiemaatregelen die wordt aangeraden, gezien de snelle terugverdientijd (3-5 jaar) en de bijbehorende grote CO₂-impact van deze maatregel. Toch heeft circa 43% van de Nederlandse woningeigenaren nog geen spouwmuurisolatie in huis. Dit komt neer op een potentieel (voor koopwoningen) van 1,94 miljoen woningen in Nederland. Uiteraard vormt de huurmarkt ook een groot potentieel voor spouwmuurisolatie, echter hebben we dit marktsegment buiten beschouwing gelaten vanwege de huidige en verwachte afspraken en normeringen²⁷.

Als we kijken naar de gemiddelde kosten van spouwmuurisolatie, kunnen we bepalen dat voor een gemiddelde halfopen woning de kosten voor EPS-parels (de ecologische optie) circa € 2.140 zijn voor isolatie van de spouwmuur. Om het volle potentieel van spouwmuren te benutten zouden we een investering van circa € 4 miljard moeten doen.

Uitgaande van een gemiddelde jaarlijkse gasbesparing met een spouwmuur van een hoekwoning (800 m³ aardgas), komt dit neer op *3,07 Mton CO₂-reductie per jaar*.

Ledverlichting – 500 miljoen

Nederland kent nog een groot potentieel voor ledverlichting, met name in huis. Volgens Signify (2020)²⁸ is 23% van de lampen die mensen in huis hebben ledverlichting. Deze verlichting heeft een grote CO₂-impact: ledlampen verbruiken 85-90% minder stroom. We schatten het potentieel aan ledlampen in op 74,8 miljoen in voor de Nederlandse huishoudens. Dit is een totale investering van circa 500 miljoen.

In totaal komt het aantal van 74,8 miljoen ledlampen uit op een jaarlijkse *CO₂-reductie van circa 1,56 Mton CO₂ per jaar*. Het voordeel van deze maatregel is de gemakkelijke uitvoerbaarheid: er zijn geen vakmensen nodig om de lampen te installeren – tegelijkertijd is het daardoor ook lastig om de daadwerkelijke installatie van de lampen te monitoren. Ook is deze maatregel zeer positief voor draagvlak: het is een kleine ingreep waarover weinig controversie bestaat.

Hoewel deze berekening vol gebruik maakt van het geschatte potentieel aan ledlampen in huishoudens, kan dit potentieel worden uitgebreid met investeringen in verlichting van bijvoorbeeld bedrijfslocaties en maatschappelijk vastgoed, zoals sportvelden. Zo kan de CO₂-reductie verder worden gemaximaliseerd.

Waterbesparende douchekop – 61,5 miljoen

Naast gedragsaanpassing is een gemakkelijke manier om heet water (en daarmee de energie nodig om dat water te verhitten) te besparen de installatie van een waterbesparende douchekop. In een studie uit

²⁷ Zo zijn er bijvoorbeeld prestatieafspraken gemaakt met Aedes over verlaging van de verhuurderheffing in ruil voor het uiterlijk in 2028 verdwijnen van alle E, F, en G labels uit de sector (*Prestatieafspraken tariefverlaging Verhuurderheffing per 1-1-2022*, bijlage bij Kamerstukken II 2021/22 29453 nr. 547) en mogen vanaf 2030 woningcorporaties en particuliere verhuurders vanaf 2030 geen woningen meer verhuren met een energielabel E, F of G (*Beleidsprogramma versnelling verduurzaming gebouwde omgeving*, juni 2022, Ministerie van BZK).

²⁸ [2020, Signify](#)

2019 had circa 63% van de Nederlandse respondenten reeds een waterbesparende douchekop. In de tussentijd zijn er acties geweest met de RRE-vouchers waar ook energiebesparende douchekoppen zijn gedistribueerd aan huishoudens.

Daarom doen we een conservatieve schatting dat circa 30% van de Nederlandse huishoudens nog geen waterbesparende douchekop in huis heeft – dit komt neer op 2,43 miljoen potentiële huishoudens. Om al deze huishoudens te voorzien van een waterbesparende douchekop (bijvoorbeeld model Grohe Euphoria²⁹) is een investering nodig van € 61,5 miljoen. Deze investering zou leiden tot *een reductie van circa 0,21 Mton CO₂ per jaar*.

Fixbrigade – resterende budget

Naast het financieren van directe maatregelen is het ook mogelijk om de resterende gelden te investeren in lokale *fixbrigades*³⁰. Dit zijn teams van lokale 'fixers' die bij mensen thuis met name de kieren komen dichten en de CV waterzijdig inregelen. Het voordeel hiervan is dat de maatregelen goed worden geïnstalleerd en maatregelen kunnen worden doorgevoerd waarbij enige ervaring met klussen nodig is. De (vaak lokale) medewerkers worden hiervoor opgeleid waardoor zij een betere positie innemen op de arbeidsmarkt. Ook is het positief dat deze medewerkers achter de voordeur komen, waardoor zij mogelijk kunnen bijdragen aan meer sociale cohesie in de buurt, alsook eventuele gedragsmaatregelen kunnen toelichten.

De fixbrigade van de gemeente Amsterdam geeft aan dat hun bezoek (en bijbehorende maatregelen) zo'n 20% van het energieverbruik kan besparen, wat neerkomt op jaarlijks circa 675,4 kg CO₂ per (fossiel) huishouden. We schatten de gemiddelde kosten van een fixbrigadebezoek op € 450 per huishouden, inclusief materiaal- en overheadkosten. Als we ervanuit gaan dat deze bezoeken worden gefinancierd met het resterende budget, zou dit kunnen worden uitgerold bij ongeveer 810,000 huishoudens, wat in potentie zou kunnen zorgen voor een CO₂-reductie van 0,55 Mton CO₂/jaar.

Alternatief	Investering	CO ₂ -reductie	Kosteneffectiviteit	Tijdsbestek	Andere aspecten
Energiebesparing	5 mld EUR	5,4 MtCO₂/jaar	1.08 kgCO₂/EUR (totaal, in het eerste jaar)	2022-2025	<ul style="list-style-type: none"> Verbetering energiearmoede Voordelen voor Nederlandse huishoudens, daarmee breed draagvlak
<i>Douchekop</i>	<i>0.1</i>	<i>0.2</i>	<i>3.45</i>	<i>2022-2023</i>	
<i>Fixbrigade</i>	<i>0.4</i>	<i>0.5</i>	<i>1.50</i>	<i>2022-2025</i>	
<i>LED</i>	<i>0.4</i>	<i>1.6</i>	<i>3.60</i>	<i>2022-2023</i>	
<i>Spouwmuur</i>	<i>4.1</i>	<i>3.1</i>	<i>0.74</i>	<i>2022-2024</i>	

3.3 24/7 groene energie

Naast het beperken van de energievraag via energiebesparing kan ook worden gekozen voor een variant waarbij 24 uur per dag en 7 dagen per week kan worden gerekend op groene energie. Dit vergt

²⁹ Bron: [Duurzaamthuis - Energie in huis - Energie besparen in huis - Waterbesparende douchekop](#)

³⁰ Bron: [Jungle Amsterdam - Fixbrigade](#)

investeringen in een duurzame warmtevoorziening (zoals geothermie), interconnectie met andere landen zodat vraag en aanbod over meerdere landen kunnen worden gebalanceerd en energieopslag.

Geothermie

Het uitfaseren van gas vergt nieuwe vormen van warmtevoorziening. Hoewel elektrificatie (op basis van hernieuwbare opwek) van de warmtevraag zich ontwikkelt, is de seizoensmismatch een uitdaging: de warmtevraag is hoog in de winter, wanneer de opwek van zon- en windenergie laag is. Geothermie biedt 24/7 duurzame energie en is daarmee een alternatief voor kernenergie om een basislast aan energie te vervullen. Het is geschikt voor het verwarmen van de glastuinbouw, de gebouwde omgeving en de lichte industrie.

Geothermieprojecten kennen uitdagingen: de kosten van installaties, warmtenetten en onzekerheid over de bron maken dat projecten nog moeizaam van de grond komen. Maar het totale potentieel in de gebouwde omgeving, glastuinbouw en industrie telt op tot 290 PJ.³¹ Voor 2030 wordt verwacht dat het mogelijk is om 160 doubletten – geothermische bronnen – te realiseren.³² Uitgaande van 6000 vollasturen³³ zijn 160 doubletten goed voor 15 TWh per jaar.

De LCOE van geothermie ligt tussen de 56-93 Dollar/MWh – gemiddeld ongeveer 63 EUR/MWh (wisselkoers 2021³⁴). De kosten komen dus uit op ongeveer € 1 miljard per jaar (63 * 15.000.000MWh). Uitgaande van een emissiefactor van 0,44kg CO₂ per kWh³⁵ levert geothermie een besparing van 6.8 Mt CO₂/jaar. Dit is dus een besparing van 7 kg CO₂/EUR.

Europees hoogspanningsnet

Een ander alternatief met een Europees perspectief bestaat uit investeringen in de uitbreiding van het Europese hoogspanningsnet, die ons in staat brengen om hernieuwbare energieproductie te balanceren over Europese (buur)landen. Hierdoor kunnen we bijvoorbeeld elektriciteit importeren uit België als de zon bij hen schijnt en zij vanuit Nederland wanneer de wind hard waait.

De onderzeese hoogspanningskabel die België met Engeland verbindt (ca. 140 km) heeft een capaciteit van 1.000 MW. Naast het uitruilen van overschotten van wind en zon heeft deze lijn een extra voordeel door het tijdsverschil: de uren van piekvraag lopen in Engeland 1 uur achter ten opzichte van het vaste land waardoor dagelijks 2 uur onbalans kan worden uitgeruild. De kabel kost ongeveer € 600 miljoen en verdient zichzelf terug door de efficiëntie van de handel.³⁶

Nederland kent vergelijkbare verbindingen: de NorNed (Noorwegen), de BritNed (Engeland) en de COBRA kabel (Denemarken). Potentieel komt daar in de toekomst nog meer bij. De efficiëntie die behaalt kan worden met uitruil verschilt per kabel en laat zich dus lastig vertalen naar een algemene

³¹ Bron: [EBN \(2020\), Onderzoek naar aardwarmte](#)

³² Bron: [EBN \(2018\), Masterplan aardwarmte in Nederland](#)

³³ Bron: [PBL \(2021\), Conceptadvies SDE++ 2022 geothermie](#)

³⁴ Bron: [Exchangerates.org.uk - EUR-USD-spot-exchange-rates-history-2021](#)

³⁵ Bron: [PBL \(2021\), Aanpassing CO2 emissiefactor geothermie](#) *Hierbij hanteren we de 30 jaar economische levensduur in lijn met de levensduur voor de LCOE van Lazard.

³⁶ Bron: [VRT\(2018\) Immense hoogspanningskabel onder zee verbindt België met het VK](#)

investeringsvraag. Bovendien gaat het uiteindelijk om een Europees netwerk van verbindingen die er voor zorgt dat zonne-energie uit het zuiden naar het noorden stroomt en vice versa voor windenergie.

De investeringen voor een uitbreiding van het Europese hoogspanningsnet liggen tussen de € 100 en 400 miljard³⁷. De baten die voortkomen uit het optimale verbruik van energiebronnen (vraag en aanbod geografisch beter spreiden) overstijgen de lasten in alle scenario's. Er is dan 500 TWh minder hernieuwbare energiec capaciteit nodig en het levert een jaarlijkse besparing van 23 –192 Mton CO₂ op.³⁸

Opslag

Door energie op te slaan in verschillende vormen kan flexibiliteit toegevoegd worden aan een systeem dat voor een groot deel op wind en zon draait. Er zijn op verschillende schalen mogelijkheden voor opslag, want onbalans kent ook verschillende tijdsschalen: korte termijn (secondes), lange termijn (seizoenen) en alles ertussenin. Voor nu kijken we naar het potentieel van batterijen.

Batterijen kunnen op kortere termijn het net ontlasten en de opwekcapaciteit vergroten. Er ligt een fors potentieel voor 2030: met 5,5 GW batterijen bij die windparken kan nog eens 7,5 GWp extra aan zonnepanelen aangesloten worden, zonder netverzwaring. Deze extra zonnepanelen zorgen ervoor dat er per jaar 5 TWh additionele hernieuwbare opwek 5 à 10 jaar eerder gerealiseerd kan worden. Dit levert tussen de 1,6-2,2 Mton per jaar aan CO₂-reductie.³⁹

Hoewel een aantal batterijen al rendabel zijn en de vraag naar langere termijn opslag op den duur ook toeneemt kan een financiële bijdrage van het rijk de ontwikkeling versnellen.⁴⁰ De mogelijkheden zijn om de transporttarieven voor opslag te verlagen, de SDE++ beschikbaar te stellen voor uitgestelde levering, directe investeringssubsidies in te richten of goedkope financiering te verschaffen.

De LCOE van batterijen bij zon ligt volgens Lazard tussen de 165-296 Dollar/MWh – gemiddeld ongeveer 195 EUR/MWh (Wisselkoers 2021⁴¹). Met een additionele opwek van 5 TWh per jaar komen de kosten uit op ongeveer € 1 miljard per jaar (195 * 5.000.000MWh). Volgens CE Delft levert dat een besparing op van 1.9 Mt CO₂/jaar. Dit is dus een besparing van 2 kgCO₂/EUR.

Opslag is cruciaal om de leveringszekerheid van het toekomstige energiesysteem te versterken. Ondergrondse opslag omvat een breed spectrum aan energiedragers met o.a. aardgas, aardolie, waterstof, warm water en perslucht en pompaccumulatie van water. Deze technologieën onderscheiden zich met name van bovengrondse energieopslagstechnieken (o.a. batterijen) door de grote opslagcapaciteit en/of het grote vermogen. Ondergrondse opslag is vooral cruciaal voor de energiebalans over de seizoenen. Er lijkt voldoende capaciteit aanwezig te zijn maar in hoeverre opslag in de toekomst een rol zal spelen is afhankelijk van de ontwikkelingen op het gebied van de verschillende energiedragers. Het is daarom nog moeilijk in te schatten hoeveel geld er naar opslag zal moeten gaan.

³⁷ Bij het Europese hoogspanningsnet gaat het om een investeringsraming en hebben we geen inzicht in de TCO van het netwerk. Daardoor is dit alternatief minder goed vergelijkbaar met Geothermie, Kernenergie en Batterijen waar de LCOE (van Lazard) gehanteerd wordt.

³⁸ Bron: [E-highway 2050](#); Dit is specifiek hernieuwbaar. Vooral hernieuwbaar heeft baat bij een Europees net. Fossiele opwek kan makkelijker geschaald worden en daarom is opwek lokaal af te stemmen op de vraag.

³⁹ Bron: [CE Delft \(2022\), Omslagpunt grootschalige batterijopslag](#)

⁴⁰ Bron: [CE Delft \(2022\), Omslagpunt grootschalige batterijopslag](#)

⁴¹ Bron: [Exchangerates.org.uk - EUR-USD-spot-exchange-rates-history-2021](#)

Alternatief	Kosten	CO ₂ -reductie	Kosteneffectiviteit	Tijdsbestek	Andere aspecten
Geothermie	1 miljard EUR/ jaar	6,8 MtCO ₂ /jaar	7 kg CO ₂ /EUR	2022-2030	<ul style="list-style-type: none"> Mitigeert seizoensmismatch
Opslag	1 miljard EUR/ jaar	1,9 MtCO ₂ /jaar	2 kg CO ₂ /EUR	2022-2035	<ul style="list-style-type: none"> Biedt flexibiliteit aan het systeem

3.4 Afweging en conclusie alternatieven

In dit hoofdstuk hebben we diverse alternatieve investeringen uitgelicht, die bijdragen aan de verduurzaming van het Nederlandse energiesysteem en ieder op een andere manier de beperkingen van hernieuwbare opwek (wind en zon) overbruggen. Enerzijds het terugdringen van de noodzakelijke energie-opwek op een snelle, doelgerichte wijze d.m.v. besparing, of anderzijds het ondervangen van de weersafhankelijkheid en onbalans van hernieuwbare opwek d.m.v. geothermie, hoogspanning of opslag. Ieder van deze alternatieven heeft bijkomende voordelen t.o.v. een investering in kernenergie, zoals innovatie, draagvlak of armoedereductie. Echter kennen zij ook relatieve nadelen, zoals de versnipperde effecten in het geval van besparingsmaatregelen, of de onvolwassenheid van de markten van geothermie en batterijen.

De onderstaande tabel laten zien wat de CO₂-reductie is per euro waarbij het van belang is om te beseffen dat besparingen jaarlijks CO₂ reduceren zonder (significante) extra operationele kosten terwijl alternatieven voor opwek en opslag elk jaar operationele kosten kennen. In lijn met de Trias Energetica zou het dus verstandig zijn om te beginnen met besparing en daarna de rest behoefte in te vullen met alternatieven voor zon en wind. Ook toont onderstaande tabel de mogelijke versnelling: reductie d.m.v. besparing is het snelst beschikbaar, waarna 24/7 groene energie en nucleaire opties volgen.

Alternatief	Investering / jaarlijkse kosten	Kosteneffectiviteit	Versnelling	Andere aspecten
Nucleair	3.3 miljard EUR/jaar	3.0 kg CO ₂ /EUR	Vanaf 2035	<ul style="list-style-type: none"> Stabiele voorziening van basislast in verhouding tot zon-PV en wind
Besparing	5 miljard EUR (totaal)	1.08 kgCO ₂ /EUR	2022-2025	<ul style="list-style-type: none"> Verbetering energiearmoede Maatschappelijk draagvlak, voordelen breder gedeeld en lagere risico's dan bij kernenergie
24/7 groene energie (geothermie en batterijen)	2 miljard EUR/jaar	4.46 kgCO ₂ /EUR	2022-2035	<ul style="list-style-type: none"> Stabiele voorziening van basislast in verhouding tot zon-PV en wind Aanjagen van innovatie in energielandschap

Alternatieve investeringen zijn sneller, vergelijkbaar (qua impact) en hebben additionele maatschappelijke voordelen zoals kansen voor kennis en innovatie in Nederland en directe verlaging van de energierekening.

De alternatieve investeringen kunnen allen sneller worden geïmplementeerd dan de 15-20 jaar die nodig is voor een nieuwe kerncentrale. De bijbehorende CO₂-impact is vergelijkbaar of hoger – zo levert ons besparingspakket met een eenmalige investering van € 5 miljard, een jaarlijkse CO₂-reductie van 5,4 Mton op – terwijl de andere alternatieven een jaarlijkse investering behoeven. Daarnaast hebben deze alternatieve investeringen andere voordelen dan puur energie-opwek. Investeringen in besparing kunnen bijvoorbeeld al binnen drie jaar worden gerealiseerd en aanzienlijke voordelen hebben op het gebied van armoede en lokale (toegankelijke) werkgelegenheid, die niet van toepassing zijn voor investeringen in kernenergie. Het maatschappelijk draagvlak voor besparing is groot en het risico is aanzienlijk laag. De nadelen van versnipperde effecten en een krappe arbeidsmarkt zijn deels te ondervangen door te investeren in enkelvoudige en makkelijk uitvoerbare maatregelen. Desalniettemin ondervangen besparingsinvesteringen niet de uitdagingen die gepaard zijn met een groeiend aandeel hernieuwbare energie in ons energiesysteem, zoals mogelijk is met kernenergie.

Zodoende lichten we ook investeringen in 24/7 energiealternatieven uit, zoals geothermie, een hoogspanningsnet of opslaginfrastructuur. Deze investeringen hebben als voordeel dat zij de seizoensuitdagingen en onbalans van hernieuwbare opwek kunnen ondervangen, net als kernenergie. Tegelijkertijd ondervinden dezen veelal uitdagingen, gekarakteriseerd door een onvolwassen markt. Desalniettemin zorgen deze uitdagingen tegelijkertijd ervoor dat de investeringen gaan naar nieuwe innovatieve markten, in vergelijking met het vertragende effect van een investering in kernenergie – daarbij zal de reactor gereed zijn op het moment dat deze naar verwachting niet langer als moderne techniek wordt gezien in de markt.

4. Slotbeschouwing

Het is toegestaan een kerncentrale te realiseren in Nederland. De markt pakt dit nu bewust niet op. Te veel onzekerheden, te grote risico's, te lange aanlooptijden. De motie-Dijkhoff (Kamerstuk 35570, nr 11) verzocht om de voorwaarden waaronder de markt zou willen instappen, te onderzoeken. Financieel-economisch gezien loopt er geen logische route van de uitkomsten van de marktconsultatie naar het regeerakkoord, waarin € 5 miljard wordt gereserveerd voor de bouw van nieuwe kerncentrales. Het beeld van de marktconsultatie wordt bevestigd in de recente studies van Baringa en Witteveen & Bos: als de overheid niet een groot deel van de kosten en risico's draagt, worden er geen nieuwe kerncentrales gebouwd in Nederland.

De voorwaarden van de markt herbergen een duidelijke richting. Alleen indien de overheid publieke (incidenten) en private (omzet, rendement, faillissement) risico's draagt, is er investeringsbereidheid. Tegen deze achtergrond is het opmerkelijk dat kernenergie in het coalitieakkoord zo'n nadrukkelijke plek met bijbehorend budget heeft gekregen.

Ondanks het feit dat de technologie 'bewezen' (althans niet "First Of A Kind" is), worden risico's maar zeer beperkt geaccepteerd door de markt. Om dit te ondervangen suggereert Witteveen & Bos een nog onbewezen "First Of A Kind" financiering en bekostigingssystematiek voor nieuwe kerncentrales in Nederland: een overheid die participeert in eigen en vreemd vermogen, vergoedingen verstrekt tijdens bouw, garanties biedt op inkomsten bij exploitatie en externe risico's absorbeert.

Nucleaire energie kent relatief zeer hoge aanloop- en investeringskosten. In Europa zijn er de afgelopen jaren geen kerncentrales gerealiseerd zonder ernstige kostenoverschrijdingen en/of grote vertraging in bouwtijd. De veronderstelling dat Nederland dit met een "FOAK" financiering en een zeer bescheiden nucleair track record wel kan managen op een markt waarbij een gering aantal aanbieders de eisen stellen en zelf niet risicodragend instappen, is op zijn minst discutabel. Nucleaire energie kent daarbij een verleden waarbij kosten van ongelukken en meerkosten voor de opslag van afval ("zwarte zwanen") zijn afgewenteld op de samenleving.

Een keuze voor nieuwe kerncentrales betekent hoge kosten en veel risico's voor de overheid en daarmee de maatschappij. De vraag is wat daartegenover staat. Een nucleaire oplossing is bij uitstek geen *quick win*. Een of meerdere volwaardige centrales staan niet binnen nu en tien jaar; de 2^e helft van het volgend decennium lijkt het vroegst haalbare. Wie eenmaal begint aan het investeren van miljarden in het voortraject komt daar niet meer vanaf zonder grote afschrijvingen. Wie het pad ondoordacht doorzet, zadelt de samenleving naast veiligheidsrisico's op met een rekening, waarvan de omvang lastig te voorspellen is in zowel de nabije als de verre toekomst.

Voor een zorgvuldige afweging van de beste besteding van schaarse publieke middelen is het noodzakelijk een aantal zaken te onderscheiden. In de eerste plaats is het noodzakelijk te weten in welke nucleaire capaciteit wordt geïnvesteerd. Financieel gezien levert 'bewezen technologie' weinig op, want hoe bewezen de huidige centrales ook mogen zijn, de kosten blijven relatief hoog zolang vrijwel alle risico's bij de belastingbetaler worden gelegd. Risico's, zoals voor vergunning, ontwikkeling en bouw die bij alternatieve vormen van opwekking wel bij de markt worden gelegd. Daarbij is de subsidie afhankelijkheid van zon en wind bij exploitatie spectaculair gedaald en zijn de eerste windparken zonder subsidie een feit. Kernenergie derde generatie+ vraagt daarbij ook nog altijd om een uitzondering op de regel dat de vervuiler betaalt. Ongelukken, incidenten en het merendeel van de opslagkosten van afval zijn voor de samenleving.

In de tweede plaats zou (gegeven dat een nieuwe centrale er pas tegen 2040 staat) het debat van voor- en tegenstanders van kernenergie de technologische ontwikkelingen iets meer in perspectief mogen plaatsen. Investerings in vierde generatie reactoren nemen toe, ook vanuit de private sector. Nederlandse bedrijven en kennisleveranciers manifesteren zich hierin. Het speelveld is hier anders dan voor derde generatie, waar de technologie toch goeddeels uit het buitenland zou komen. Het moment waarop nieuwe technologie gerealiseerd kan worden kan nog een aanzienlijke tijd duren; orde 20 tot 25 jaar en dan op beperkte schaal. Anderzijds is een nieuwe centrale ook pas tussen 2035 en 2040 operationeel, en daarmee is direct een financieel niet-rendabele erfenis neergezet. De scenariostudie gaat uit van een exploitatieperiode van 60 jaar (1), maar wat is een centrale die dus tot het eind van de 21^e eeuw gaat draaien op techniek (Gen III) uit de 20^e eeuw waard anno (bijvoorbeeld) 2060? Kortom, de keuze zou ook kunnen worden gemaakt om in Nederland meer in te zetten op innovatie in nucleaire technologie en alles in het werk te stellen om daar te versnellen, in plaats van miljarden te steken in verouderde buitenlandse technologie.

In de derde plaats is het van belang om als overheid gefocust te blijven sturen op het einddoel (een zo snel mogelijk CO₂-vrije energievoorziening die gedragen wordt door de bevolking) en zich niet te verliezen in discussies over onderdelen. De toegelichte alternatieven kennen ieder een eigen uitwerking op het gebied van snelheid, kosteneffectiviteit, draagvlak en mogelijke maatschappelijke voordelen/nadelen. In de afweging van alternatieven onderling en de samenstelling van een gewenste mix van maatregelen, zou de prioritering van dergelijke bijbehorende karakteristieken leidend moeten zijn. Wat hoe dan ook vaststaat, is dat deze alternatieven wel een bijdrage leveren voor de doelstellingen 2030 en 2040, terwijl dit bij kernenergie niet of zeer beperkt het geval zal zijn.

Tot slot is afstemming met omringende landen cruciaal. Indien je vanuit Nederlands perspectief op korte termijn iets wil doen aan CO₂-reductie en energie-onafhankelijkheid, dan ligt het voor de hand met buurlanden gezamenlijk een optimaal pakket samen te stellen. Een mix waarbij fors wordt geïnvesteerd in (innovaties in) zon, wind, opslag (batterij en waterstof) en energiebesparing, lijkt daarbij een doelmatiger besteding van € 5 miljard dan nieuwe kerncentrales op Nederlands grondgebied met alle financiële risico's van dien en een prijskaartje wat uiteindelijk nog vele malen hoger zal zijn.

Over Rebel

No change without a Rebel

Rebels werken aan de vraagstukken van de toekomst op het gebied van duurzaamheid, transport, gebiedsontwikkeling, zorg en de sociale sector. Wij maken impact, niet alleen als adviseur maar ook als investeerder. Want wie gelooft in zijn eigen adviezen, investeert mee. Toegewijd aan het creëren van verandering, initiëren en realiseren we ook onze eigen projecten. We leveren kwaliteit op het gebied van o.a. strategisch advies & ontwikkeling, beleidsanalyses & evaluatie, partnership consulting & contracten, financieel advies & modellering en investeren & fondsbeheer.

Samen buiten de lijntjes kleuren

Het Rebel-avontuur begon in 2002 met tien stoelen. Aan een grote ronde tafel besloten de eerste Rebels – na een carrière bij adviesbureaus – een eigen onderneming te starten. Eentje zonder kaders, hiërarchie en bazen. Een plek waarbinnen iedereen zijn beste zelf kan zijn. Alles wat we in ons hebben, leggen we op tafel. Intrinsieke motivatie, de drang om verandering te brengen, inhoud en één focus: impactvolle projecten realiseren, wereldwijd. Inmiddels werken we met meer dan 180 Rebels vanuit onze kantoren in Rotterdam, Amsterdam, Antwerpen, Düsseldorf, Londen, Washington D.C., Nairobi, Johannesburg, Mumbai en Jakarta.

Hoe we op die dag met elkaar begonnen, is hoe we vandaag werken voor en met onze samenwerkingspartners: op basis van vertrouwen. In alles wat we doen – en dat is veel – is ons streven om een positieve impact op de wereld te hebben. Op het raakvlak van publiek en privaat, omdat ons Rebel-rode hart daar ligt waar maatschappelijke waarden en privaat ondernemerschap samenkomen. Een ambitieuze doelstelling misschien, maar wel één die uitdaagt. We nodigen iedereen uit aan te schuiven en onderdeel te worden van de verandering. Samen buiten de lijntjes kleuren. Als overheid, bedrijf en individu.

Jan-Coen van Elburg

Jancoen.vanElburg@rebelgroup.com

Matthijs van Neerbos

Matthijs.vanNeerbos@rebelgroup.com

Idse Kuipers

Idse.Kuipers@rebelgroup.com

Helena de Boer

Helena.deBoer@rebelgroup.com



Wijnhaven 23
3011 WH Rotterdam
Nederland
+31 10 275 59 95

info@rebelgroup.com
www.rebelgroup.com