

Vergelijking van twee rapporten over de kosten van nucleaire en zon- & windstroom in het Nederlandse energiesysteem, die Minister Wiebes in april en september 2020 naar de Tweede Kamer heeft gestuurd



24 september 2020

Rob Terwel MSc en dr. ir. John Kerkhoven

Vergelijking van twee rapporten die Minister Wiebes dit jaar naar de Tweede Kamer heeft gestuurd over de kostenvergelijking van nucleair en zon en windstroom in het Nederlandse Energiesysteem

Het gaat om de volgende rapporten van Kalavasta/Berenschot:

[Systeemeffecten van nucleaire centrales, in Klimaatneutrale Energiescenario's 2050](#)

Onderzoek naar de impact van kernenergie op het energiesysteem, wanneer ervoor gekozen zou worden de energievoorziening in 2050

Rapport | 09-03-2020

[Rekenmodel systeemeffecten van nucleaire centrales](#)

Rekenmodel bij het rapport 'Systeemeffecten van nucleaire centrales, in Klimaatneutrale Energiescenario's 2050'.

Publicatie | 15-04-2020

[Systeemeffecten van nucleaire centrales – datasheets](#)

Achtergronddata bij het rapport 'Systeemeffecten van nucleaire centrales, in Klimaatneutrale Energiescenario's 2050'. Dit ...

Rapport | 09-03-2020

En het volgende rapport van Enco:

[Rapport over de mogelijke rol van kernenergie in de Nederlandse energiemix van de toekomst \(Engels\)](#)

Het rapport geeft een overzicht van het aandeel kernenergie in Europese landen en wereldwijd in de energiemix door bestaande en ...

Rapport | 22-09-2020

De rapporten geven tegengestelde conclusies als het gaat om de kosten van de inzet van nucleaire centrales tegenover zon en wind in het Nederlands energiesysteem in de toekomst.

Kalavasta conclusie:

De acht verschillende varianten met kernenergie, die bestudeerd zijn, zijn duurder op jaarbasis dan de varianten zonder kernenergie. Met één uitzondering, namelijk de variant waarin nucleaire centrales altijd kunnen draaien (hetgeen niet kan in de huidige elektriciteitsmarkt) en er een lage maatschappelijke rente wordt gerekend, die gegarandeerd wordt door de overheid. Een elektriciteitssysteem zonder kernenergie kan ook richting 2050 betrouwbaar zijn door groen gas of waterstof gestookte regelbare centrales.

Enco conclusie:

Corrected for system costs, nuclear can more than compete with VRE's, and could be successfully deployed to maintain a stable and reliable grid. (...) Nuclear energy, both large units and SMRs, when compared to VRE by using the same metrics, are cheaper, able to deliver dispatchable electricity to the grid (and stabilise the grid when needed) in a reliable fashion independent of weather conditions, while having the orders of magnitude smaller land- footprint than any other source of electricity, in particular, VREs.

[Noot Kalavasta: VRE staat voor 'variable renewable electricity', in deze context zon en wind]

Waarom zijn die conclusies zo anders? Hieronder gaan we in op de in onze ogen vijf hoofdafwijkingen en tekortkomingen waarom Enco tot andere conclusies komt. Per afwijking noemen we de kern van

deze afwijking, geven we een uitgebreidere toelichting en beschrijven we tot slot de gevolgen van deze afwijking voor de conclusies.

1. **De investeringskosten van zon en wind in 2040 bij Enco zijn hoger dan de huidige investeringskosten.**

Enco put uit diverse bronnen voor de investeringskosten voor zon en wind. Er wordt niet gemotiveerd waarom bepaalde aannames rond deze kosten gedaan worden. De investeringskosten voor 2040 die Enco aanneemt zijn echter hoger dan de huidige investeringskosten in 2020.

Zo komt Enco voor de investeringskosten voor zon in 2040 uit op 595 €/kW. In de basisbedragen die PBL vastgesteld heeft voor zonnepanelen op land voor de SDE++ voor 2020 wordt gerekend met investeringskosten van 580 €/kW¹. Voor wind op land geldt hetzelfde en zijn de verschillen groter: de investeringskosten voor wind op land in 2040 bij ENCO bedragen 1480 €/kW, maar PBL rekent voor de SDE++ voor 2020 met investeringskosten van 1140 €/kW.

Voor wind op zee werkt Nederland met een tendersysteem en daarom kunnen we deze investeringskosten niet rechtstreeks vergelijken. Ze zitten namelijk impliciet verwerkt in het bod dat de ontwikkelaar van een windpark doet. De laatste tenders gaan echter al richting of onder (Denemarken) de 50 €/MWh en daarmee zitten ook de huidige elektriciteitskosten op het niveau dat ENCO uitrekent voor 2040 (ongeveer 50 €/MWh).

De investeringskosten van nucleair in de toekomst liggen daarentegen wel dichterbij de cijfers waar Kalavasta mee rekent. Gegeven de huidige kostenoverschrijdingen bij de kerncentrales die nu in Europa gebouwd worden, gaan beide rapporten dus uit van een daling in investeringskosten voor nucleair tussen nu en 2040/2050.

De investeringskosten voor zon en wind bij ENCO in 2040 zijn dus hoger dan huidige investeringskosten.

Dit heeft tot gevolg dat ENCO uitrekent dat de elektriciteitskosten (LCOE) van zon en wind in 2040 hoger zijn dan vandaag de dag. Het komt er dus op neer dat volgens de berekeningen van dit bureau de elektriciteitskosten van wind en zon gaan stijgen tussen nu en 2040.

Kalavasta baseert zich op een studie van IRENA waarbij de investeringskosten en daarmee ook de elektriciteitskosten van zon en wind gaan dalen en lager liggen dan de huidige niveaus. De verwachting dat de investeringskosten van zon en wind nog (veel) verder kunnen en zullen dalen wordt algemeen gedeeld.

Deze aannames over de investeringskosten van uit zon en wind gebaseerde elektriciteit van Enco zijn een grote en ongemotiveerde afwijking van de huidige realiteit alsook de onderbouwde prognoses van vele instanties over de kostenontwikkelingen van deze technologieën. Dit maakt de elektriciteitskosten van zon en wind in het ENCO rapport substantieel hoger.

2. **Enco negeert in haar modellering de regels van de Nederlandse elektriciteitsmarkt; het gaat ervan uit dat kerncentrales in de toekomst 95% van de tijd draaien.**

¹ PBL (2020): EINDADVIES BASISBEDRAGEN SDE++ 2020
https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-eindadvies-basisbedragen-sde-plus-plus-2020_3526_27-02-2020.pdf

Het Enco rapport doet voor zijn berekeningen de aanname dat kerncentrales in de toekomst 95% van de tijd aan zullen staan. Het rapport gaat daarmee voorbij aan het feit dat in een elektriciteitsmarkt of waterstofmarkt gebaseerd op marginale kosten de elektriciteit of waterstof gemaakt door kerncentrales uit de markt gedrukt wordt door zon- en wind die 0 marginale kosten hebben.

In het Kalavasta rapport laten we zien dat er verschillende situaties kunnen zijn, waarbij de huidige marktordening ertoe zal leiden dat Nucleair technisch niet zomaar kan worden ingepast in een elektriciteitssysteem met meer dan 50% stroom uit zon- en wind en dat de elektriciteitskosten van nucleaire stroom ongeveer omgekeerd evenredig oplopen bij een verlaging van de capaciteitsfactor (het aantal vollasturen).

ENCO gaat uit van een statisch systeem dat niet de regels van de Nederlandse elektriciteitsmarkt volgt. Het aantal vollasturen van nucleair is niet een gegeven, maar zou moeten worden berekend aan de hand van een merit order op uur basis. Uit verkenningen van Kalavasta blijkt dat nucleaire centrales dan in een referentie scenario niet 95% van de tijd, maar minder dan 40% van de tijd draaien. Als gevolg van deze marktwerking zouden de nucleaire centrales dan ruim 50% minder draaien dan wat ENCO aanneemt. Dat betekent vervolgens dat de kosten van nucleaire stroom meer dan twee maal zo hoog worden. Daarnaast gaat ENCO ten gevolge van de eerste afwijking ook voorbij aan het feit dat kerncentrales na 2030 soms meerdere keren per dag zouden moeten op- en afregelen tussen 0 en 100% capaciteit – wat technisch geen gegeven is. Voor een situatie waarin een kerncentrale altijd mag draaien en dus “must run” is, zou moeten worden aangegeven hoe dit dan vorm moet krijgen in de markt.

3. **Enco gaat uit van een ander overkoepelend energiesysteem dan wat we op basis van de plannen van de overheid kennen – bij ENCO is het aandeel wind en zon in de stroommix 50% in 2040, maar op basis van de plannen uit het Klimaatakkoord is dit aandeel reeds 70% in 2030.**

Enco definieert de rest van de elektriciteitsmix als bestaande uit 50% zon en wind. Dit is geen berekende, maar een geëxtrapoleerde waarde van een berekening door de OECD NEA uit 2015, die geen betrekking heeft op het Nederlandse energiesysteem.

De Nederlandse overheid heeft middels het Klimaatakkoord reeds plannen gemaakt die het Nederlandse elektriciteitssysteem sterk zullen veranderen. Hieronder valt de uitrol van veel zon en wind energie. Kalavasta heeft deze plannen met het Energietransitiemodel verwerkt in een scenario dat publiekelijk beschikbaar². Dit Klimaatakkoord scenario laat zien dat in 2030 er al ruim 60% inzet van wind en zon in de elektriciteitsmix is en volgens PBL lijkt een aandeel van 70% in 2030 waarschijnlijk. De klimaatneutrale scenario's die Berenschot en Kalavasta voor de Net voor de Toekomst studie gemaakt hebben gaan richting 95% voor wind en zon (zonder nucleair) in de elektriciteitsmix. En de variant van de klimaatneutrale scenario's die op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat doorgerekend is met 9 GW nucleair vermogen heeft ook ongeveer 75% zon en wind in de stroommix.

Enco rekent echter met een percentage zon en wind van 50%. Hierdoor negeert het bureau de uitkomsten van het klimaatakkoord en de 2050 Nederlandse ambities als het gaat om de verhouding zon- en wind en regelbare centrales en beschouwt het dus feitelijk een ander energiesysteem. Het bureau kan daarom dus geen systeemvergelijking maken specifiek voor het

² Zie https://pro.energytransitionmodel.com/saved_scenarios/9436, ook voor documentatie

gehele Nederlandse energiesysteem waarbij het rekening houdt met alle eerste, tweede en derde orde effecten.

De systeemvergelijking van ENCO gaat dus uit van een overkoepelend energiesysteem dat niet overeenkomt met het Nederlandse energiesysteem en de Nederlandse klimaatambities. Dit is een tekortkoming aangezien deze data en modellering al wel open source beschikbaar waren in de Kalavasta studie. Het gevolg is dat men een vergelijking maakt tussen een hypothetisch systeem dat op in ieder geval één belangrijk punt afwijkt van het Nederlandse. De uitkomsten van deze vergelijking zijn anders dan in het Nederlandse systeem dan in het 'hypothetische' systeem waar ENCO vanuit gaat.

4. **Enco voert daarnaast geen gedegen systeemmodellering van het Nederlandse energiesysteem uit, maar enkel een eerste orde analyse waarbij het voor een systeemanalyse resultaten uit andere studies (die ook geen betrekking hadden op het Nederlandse energiesysteem) citeert**

In het vorige punt zagen we dat Enco rekent in een systeem dat niet overeenkomt met het Nederlandse energiesysteem. Maar daarnaast modelleert Enco enkel de kosten van enkele elektriciteitsproductie (en waterstofproductie en -transport) technologieën die onder discussie staan. Er is geen sprake van een systeemanalyse waarin het gehele Nederlandse energiesysteem op uurbasis voor alle energiedragers wordt doorgerekend.

Voor de systeemkosten grijpt Enco terug op een studie van OECD NEA uit 2015 over de impact van de inzet van zon- en wind op een energiesysteem. Deze studie kijkt niet naar het Nederlandse systeem, maar naar een hypothetisch systeem met toevallig (?) 50% zon en wind (zie ook vorige punt).

Enzo erkent zelf in haar rapport (pag.52) dat wat zij doen niet correct is, desondanks trekken zij de conclusie dat systeemkosten van doorslaggevend belang zijn in een kostenvergelijking tussen wind/zon en nucleair:

The actual system effects are strongly country-specific and their different components are strongly interrelated. This limits the appropriateness of adding together elements generated in different models. Therefore the estimates provided are not supposed to be an exact prediction for the Dutch situation in the future, rather a visualisation/indication of their value for different technologies.

Kalavasta rekent wel met de impact van nucleair, zon en wind en alle andere energiedragers op uurbasis, inclusief benodigde aansluitingskosten, netverzwaring, balanceringskosten door middel van backup centrales etc. Kalavasta toont aan dat deze netverzwarrings- en balanceringskosten veel lager zijn. Daarbij zijn deze waarden doorgerekend in het Energietransitiemodel, waarbij de berekening voor netverzwaring zijn aangeleverd/gevalideerd door de Nederlandse Netbeheerders.

In het Energietransitiemodel waarmee Kalavasta rekent worden tegelijk aanbod en vraag op uurbasis uitgerekend en wordt de netverzwaring primair uitgerekend op basis van de vraag of netuitbreiding voor Wind op Zee en uitbreidingen van interconnectoren.

Enco voert enkel een partiële, eerste orde analyse uit en citeert rechtstreeks oude resultaten voor de totale systeemkosten uit een studie die niet over het Nederlandse systeem gaat en waarvan diverse uitgangspunten al achterhaald zijn. Al erkent Enco dat dit niet een solide aanpak is, dat deze kosten per systeem heel anders kunnen zijn en dat de resultaten daarom

gezien moet worden als een visualisatie/indicatie, weerhoudt het Enco er niet van om in hun conclusie te stellen dat 'corrected for system costs, nuclear can more than compete with VRE's [noot Kalavasta: wind en zon']. Zelfs als we de andere tekortkomingen in dit document negeren (die de stroomprijs van nucleair zouden verhogen en die van zon en wind zouden verlagen), dan spelen de systeemkosten nog zo'n doorslaggevende rol in de totale kosten van wind en zon bij Enco dat een bureau dat deze zelf erkende beperking serieus neemt niet dergelijke conclusies zou trekken. De systeemkosten vallen tot slot lager uit als ze dynamisch doorgerekend worden op systeemniveau zoals gedaan is door Kalavasta.

5. ENCO heeft naar ons weten geen peer review gedaan waarbij eerder genoemde afwijkingen en tekortkomingen wellicht ontdekt hadden kunnen worden

De ENCO studie is uitgevoerd door een bureau dat gespecialiseerd is in veiligheidsanalyses voor de nucleaire industrie. De studie is naar ons weten niet gereviewd door andere partijen. De Kalavasta studie is gedaan door een bureau dat zich specialiseert in systeem analyses en actief is in alle sectoren en het rapport is gereviewd door PBL en OECD/NEA.

Wellicht hadden eerder genoemde afwijkingen en tekortkomingen eerder ontdekt kunnen worden in een peer review ronde. Kalavasta heeft reeds in maart 2020 via het Ministerie aangeboden om aan Enco toelichting te geven op onze werkwijze en resultaten. Van dit aanbod is geen gebruik gemaakt. Wij zouden voorstellen om alsnog een peer review te laten plaatsvinden zodat Enco de kans krijgt om de significante tekortkomingen en afwijkingen in haar analyse te adresseren en een versie twee van het rapport uit te brengen.

Kortom, we kunnen niet anders stellen dan dat er enkele belangrijke afwijkingen en tekortkomingen aanwezig zijn in het rapport van Enco. Enco voert geen gedegen systeemanalyse maar enkel een eerste orde berekening uit, volgt niet de regels van de Nederlandse elektriciteitsmarkt waarin kerncentrales niet gegarandeerd 95% van de tijd draaien, specificceert ook niet een ander Nederlands energiesysteem en rekent tot slot met investeringskosten voor zon en wind die reeds tot het verleden behoren. Het gevolg hiervan is dat Enco de stroomkosten van kerncentrales sterk onderschat en die van zon en wind sterk overschat. Als we hiervoor corrigeren komen de eerste orde elektriciteitskosten (LCOE, niet op systeemniveau) van Enco en Kalavasta dichterbij elkaar te liggen.

Het andere gevolg is dat we de resultaten van de Enco studie geenszins als robuuste systeemanalyse of systeemkosten kunnen beschouwen. Enco erkent zelf dat de door hen geciteerde 'systeemkosten' slecht een indicatie/visualisatie zijn, maar trekt vervolgens wel de conclusie dat nucleaire stroom op systeemniveau goedkoper is dan zon en wind stroom. Het verdient daarmee de sterke aanbeveling om wel consequent met deze geïdentificeerde beperkingen om te gaan en de conclusies van Enco in algemene zin te herzien, en specifiek die conclusies die gerelateerd zijn aan systeemkosten, te negeren, daar deze te ongefundeerd en ongerelateerd aan het Nederlandse systeem zijn.

