

> Retouradres Postbus 20401 2500 EK Den Haag

De Voorzitter van de Tweede Kamer
der Staten-Generaal
Prinses Irenestraat 6
2595 BD DEN HAAG

Datum 20 januari 2026
Betreft Kabinetsreactie op het onderzoek '*A theoretical upper limit for offshore wind energy extraction*'

Geachte Voorzitter,

Het kabinet heeft kennisgenomen van het onderzoek '*A theoretical upper limit for offshore wind energy extraction*' van Simão Ferreira et al. dat op 24 november 2025 werd gepubliceerd in *Cell Reports Sustainability*.¹ Via deze brief geeft het kabinet, op verzoek van de Kamer, een appreciatie van dit onderzoek en geeft het kabinet toestemming om ambtenaren van het ministerie van Klimaat en Groene Groei hierover een technische briefing te laten verzorgen.² Het kabinet stelt daarbij voor om deze briefing uit te breiden met experts van Whiffle, TNO en de TU Delft.

Het kabinet is positief over het feit dat onderzoeken worden gedaan naar windenergie op zee en de bijbehorende energieopbrengsten. Mochten onderzoeken nieuwe inzichten opleveren, dan helpt dit om zo goed mogelijke keuzes te maken voor de inrichting van windparken om de energieopbrengst te maximaliseren.

Naar aanleiding van het recente onderzoek van Simão Ferreira et al. ziet het kabinet geen grote gevolgen voor de vormgeving van het energiesysteem, waaronder de uitrol van windparken op zee. Uit nadere bestudering blijkt dat enkele belangrijke aannames in dit onderzoek niet overeenkomen met het Nederlandse uitrolscenario voor windenergie op zee. Een voorbeeld hiervan is de omvang van de windparken. Het scenario in het artikel is gebaseerd op een groot hypothetisch toekomstig windpark (10 GW). Daarentegen is het scenario waarmee het kabinet de energieopbrengsten laat berekenen, gebaseerd op de geplande windparken (ongeveer 1 GW of kleiner). Hierdoor zijn de uitkomsten niet met elkaar te vergelijken.

Deze brief schetst eerst de context voor de uitrol van windenergie op zee. Vervolgens komen de onderzoeken naar energieopbrengsten van windparken op zee aan bod. Daarna gaat het kabinet in op de rol van windenergie en de bijdrage daarvan aan het energiesysteem, en hoe de capaciteitsfactor hierin wordt betrokken. Vervolgens trekt het kabinet conclusies uit de verschillende studies. Tot slot geeft het kabinet aan op welke manier het in contact blijft met de wetenschap om zich te laten voeden met de nieuwste

¹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949790625002691>

² Brief van de commissie voor Klimaat en Groene Groei van 10 december 2025, betreffende de kabinetsreactie op het onderzoek van Simão Ferreira et al. inzake de opbrengst van windparken op zee en toestemming technische briefing (kenmerk: 2025Z21673/2025D51205).

inzichten op dit gebied en hoe het deze inzichten verwerkt in beleid voor het energiesysteem.

Context uitrol windenergie op zee

In de transitie naar een klimaatneutraal en meer importonafhankelijk energiesysteem, wordt gebruik gemaakt van technieken die continu aan innovatie onderhevig zijn en is sprake van grote schaa sprongen. De energietransitie is geen lineair proces; er is voortdurend voortschrijdend inzicht en veel variabelen zijn nog onzeker. Daarom neemt het kabinet de nieuwste inzichten en onzekerheden mee en stuurt, indien nodig, het klimaat- en energiebeleid bij. Dit geldt voor windenergie op zee, maar ook voor andere energiebronnen. Het kabinet maakt hiervoor gebruik van de best beschikbare kennis bij kennisinstellingen, netbeheerders en onderzoeksbureaus.

Het kabinet stuurt bij de ontwikkeling van het energiesysteem, waaronder de uitrol van windenergie op zee, niet louter op de hoogste energieopbrengst, maar op de hoogste maatschappelijke waarde. Hierbij weegt het kabinet verschillende publieke belangen mee, zoals betaalbaarheid, veiligheid, ruimte (ook voor andere nationale belangen) en milieu.³

Windparken kunnen op verschillende manieren geoptimaliseerd worden, zoals voor energieopbrengsten en kosten. Het kabinet geeft kaders mee waar de windparkontwikkelaars zich bij de ontwikkeling van het windpark aan moeten houden. Zo is er bijvoorbeeld een minimum voor het opgesteld vermogen (in GW) per kavel om te zorgen dat er voldoende energie wordt omgezet in de windparken. Deze optimalisatie gebeurt binnen de ruimte die beschikbaar wordt gesteld aan windenergie op zee. Bij het bepalen van deze ruimte houdt het kabinet, naast energieopbrengsten en de kosten, ook rekening met ruimte voor andere nationale belangen op de Noordzee zoals visserij, natuur, scheepvaart, defensie en mijnbouw. De 'capaciteitsfactor', is een uitkomst van deze optimalisatie en belangenafweging. De capaciteitsfactor is een maat die de verhouding weergeeft tussen de werkelijk omgezette energie en de theoretisch maximaal mogelijk om te zetten energie, als het windpark continu op vol vermogen zou draaien.

Onderzoeken naar energieopbrengsten van windparken op zee

Dat windturbines lagere energieopbrengsten hebben naarmate ze dichter bij elkaar staan door zogeeffecten, is sinds de start van de uitrol van wind op zee bekend. Naarmate er meer windparken op zee komen, ontstaat steeds meer kennis over de mechanismen hierachter. Het kabinet volgt deze ontwikkelingen, draagt hier actief aan bij en neemt nieuwe inzichten voortdurend mee in beleidsontwikkelingen.

In 2024 heeft Whiffle in opdracht van het kabinet de gevolgen van zogeeffecten op de jaarlijkse energieopbrengsten voor de routekaart voor windenergie op zee (hierna: routekaart) berekend. Uitgaande van een opgesteld vermogen van 21 GW, verdeeld over kavels van ongeveer 1 GW of kleiner, zijn deze opbrengsten geschat op 84 TWh gemeten bij de rotor (wieken) van de windturbines. Dit komt overeen

³ De publieke belangen die de basis vormen van de keuzes die gemaakt worden bij de vormgeving van het energiesysteem zijn uitgewerkt in het [Nationaal Plan Energiesysteem](#) onder "Publieke belangen" vanaf p. 11.

met een capaciteitsfactor van ongeveer 46% bij de rotor. Deze resultaten zijn in juli 2025 gepubliceerd en besproken met de windenergiesector.⁴ Een vergelijkbare capaciteitsfactor bij de rotor (46%) is berekend voor een Nederlands scenario door Fraunhofer IWES in september 2025 in opdracht van de Duitse overheid.⁵ Uit deze studie blijkt ook dat Nederland een hogere capaciteitsfactor zal hebben dan Duitsland en België, maar lager dan die van Denemarken, Noorwegen en Groot-Brittannië. Dit hangt onder andere samen met de beschikbare ruimte voor windparken en de lokale windcondities.

Rekening houdend met systeemverliezen (bijvoorbeeld kabelverliezen) is de schatting dat de jaarlijkse energieopbrengsten van 21 GW aan opgesteld vermogen 76 TWh zijn ter hoogte van het TenneT-platform, het zogenaamde stopcontact op zee. Dat is ongeveer twee derde van het huidige netto elektriciteitsverbruik van Nederland en komt neer op een gemiddelde capaciteitsfactor van ongeveer 42% bij het TenneT-platform. Dit cijfer moet niet als een vast gegeven worden beschouwd, omdat bepaalde factoren zoals de windturbinekeuze en de windparkopstelling deze kan beïnvloeden.

Het kabinet verwelkomt nieuwe onderzoeken die meer inzicht geven in de onzekerheden en de ontwikkeling van windparken op zee. Het artikel van Simão Ferreira et al., dat de aanleiding is voor deze brief, is opzienbarend omdat het tot andere conclusies komt dan de hierboven genoemde onderzoeken. Uit nadere bestudering van het artikel en uit gesprekken die medewerkers van KGG met Simão Ferreira hebben gevoerd, zoals toegezegd in het vragenuurtje van dinsdag 9 december jl., blijkt dat de uitkomsten niet met elkaar te vergelijken zijn. Zo is bijvoorbeeld door Simão Ferreira et al. niet gekeken naar windparken in de routekaart, maar naar een groot hypothetisch toekomstig windpark.

Een wetenschappelijk memo van 19 december 2025 (bijlage bij deze brief) gericht aan het ministerie van Klimaat en Groene Groei namens twee hoogleraren van de TU Delft biedt context bij de bevindingen van Simão Ferreira et al.⁶ Naar aanleiding van deze memo en de toezegging in het vragenuurtje van dinsdag 9 december jl., hebben medewerkers van KGG, naast Simão Ferreira, ook een gesprek gevoerd met deze twee hoogleraren. De hoogleraren geven onder andere aan dat de capaciteitsfactor van 35%, waar Simão Ferreira et al. op uitkomt, gebaseerd is op een "*pessimistisch scenario*". De hoogleraren concluderen dat de berekende capaciteitsfactor van een windpark erg gevoelig is voor aannames en dat resultaten van vereenvoudigde modellen, zoals gebruikt in het onderzoek van Simão Ferreira et al., met de nodige voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd.

Rol van windenergie op zee in het energiesysteem

Bij het opstellen van het Windenergie Infrastructuurplan (WIN) heeft het kabinet geconcludeerd dat bestaande systeemstudies te weinig rekening hielden met zogeffecten. Om deze reden heeft het kabinet aanvullende scenario's laten doorrekenen. Door TNO is onderzocht wat de invloed zou kunnen zijn van een lagere

⁴ [anc_20250811_wakestudy_whiffle_report_f.pdf](#)

⁵ https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Offshore/Meeresfachplanung/_Anlagen/Downloads/IWES_Bericht.pdf?__blob=publicationFile&v=1

⁶ Watson, S., & von Terzi, D. (2025). Context bij wetenschappelijke publicatie. TU Delft. Bijlage bij deze brief.

energieopbrengst in lijn met een capaciteitsfactor van 42% bij het TenneT-platform op het Nederlandse energiesysteem. De analyse toont aan dat ook in aanvullende scenario's windenergie op zee verreweg de grootste elektriciteitsbron blijft en de 30-40 GW zoals genoemd in het WIN nodig is.⁷

Conclusie

Het kabinet concludeert op dit moment dat de inschatting van de capaciteitsfactor in het artikel van Simão Ferreira et al. een te conservatieve inschatting is voor het Nederlandse uitrolscenario voor windenergie op zee. Het kabinet trekt deze conclusie op basis van de recente onderzoeken van Whiffle en Fraunhofer IWES, en een wetenschappelijk memo van de TU Delft, waarin wordt bevestigd dat Simao Ferreira et al. zich baseren op een "pessimistisch" scenario dat niet in lijn is met het Nederlandse uitrolscenario. De eerder beschreven resultaten van de verschillende studies laten zien dat het bepalen van de energieopbrengst nauwkeurig en zorgvuldig onderzoek met zo realistisch mogelijke aannames vereist.

Vervolg

Het kabinet blijft actief in gesprek met verschillende experts op het gebied van windenergie op zee, om de aannames, modellen, doelstellingen, variabelen en randvoorwaarden die daarbij komen kijken, beter te begrijpen. Tevens overlegt het kabinet met TenneT, PBL, TNO en KNMI om de aannames en gebruikte modellen voor verschillende studies te verkennen. Ook zal het kabinet in overleg met TNO de meest recente inzichten over de energieopbrengsten van windenergie meenemen in een update van de systeemkostenstudie kernenergie die in oktober 2025 gepubliceerd is, zoals toegezegd in het Commissiedebat Kernenergie van 17 december 2025.⁸

Mochten deze gesprekken en analyses leiden tot nieuwe inzichten, zal het kabinet deze integreren in het klimaat- en energiebeleid en de Kamer hierover informeren. De actualisatie van het Nationaal Plan Energiesysteem (NPE) biedt hiervoor de eerstvolgende gelegenheid. Deze wordt naar verwachting met Prinsjesdag aangeboden.

Sophie Hermans
Minister van Klimaat en Groene Groei

⁷ [Het Windenergie Infrastructuurplan Noordzee](#), p. 83.

⁸ [Systeemkostenanalyse kernenergie | Rapport | Rijksoverheid.nl](#) en TZ202512-060