



## **Second opinion**

# ***Het kan met gemak, wind op zee en zon op dak***

24 november 2022

**Opgesteld door:**

Dr. Walter J.J. Manshanden  
NEO Observatory  
Delfgaauwstraat 95  
3037LK Rotterdam

Kenmerk NEO2022-10

Netherlands Economic Observatory  
Delfgaauwstraat 95, 3037 LK Rotterdam  
+31 6 839 65 929 [www.neo-observatory.nl](http://www.neo-observatory.nl) [info@neo-observatory.nl](mailto:info@neo-observatory.nl)  
IBAN NL16 INGB0006858020 BIC: INGBNL2A BTW: NL188005560B01 KvK: 83195475

November 2022

Het kan met gemak: wind op zee, zon op dak. Second opinion

Onderzoek in opdracht van NLVOW/Stichting Windalarm

### **Begeleiding**

NLVOW/Stichting Windalarm

### **Over de auteur**

**Dr. Walter J.J. Manshanden** is mede-oprichter en economisch onderzoeker bij NEO Observatory (voluit Nederlands Economisch Observatorium) en heeft meer dan 25 jaar onderzoekservaring op regionaal-economische vraagstukken. Hij studeerde economische geografie met een specialisatie in ontwikkelingseconomie en economie aan de Universiteit van Amsterdam. Na zijn studie was hij verbonden aan het **Economisch-Geografisch Instituut** van diezelfde universiteit waar hij in 1996 promoveerde. De titel van zijn proefschrift luidt: ‘Zakelijke diensten en regionaal-economische ontwikkeling: de economie van nabijheid’. Van 1995 tot medio 2001 was hij als senior onderzoeker en manager verbonden aan de Stichting voor Economisch Onderzoek der Universiteit van Amsterdam. Vanaf 2001 tot en met 2015 was hij verbonden aan **TNO**, Delft, als teamleider, senior onderzoeker en principal scientist op het gebied van economie. Vanaf 1 juni 2015 is hij werkzaam bij het door hem, Olaf Koops en Frédéric Reynes opgerichte Netherlands Economic Observatory te Rotterdam. Zijn onderzoekservaring ligt met name op het gebied van kwantificering en modellering van regionaal-economische vraagstukken. Zijn belangrijkste ervaring ligt op het gebied van regionale input-outputanalyse, economische effectstudies, regionale en stedelijke economie, sectorstudies op het gebied van technologie, bouw, logistiek en energie, en tenslotte, het opstellen van **maatschappelijke kosten-baten analyses** en **second opinions** op zulke studies.

In de afgelopen jaren heeft hij onder andere gewerkt aan de verstedelijkingsstrategie van de Metropoolregio Amsterdam, economisch effecten van de ontwikkeling van de as Almere-Amsterdam, economische verkenningen in Rotterdam, de effecten van de corona-epidemie op de economie van Rotterdam en de Metropoolregio Rotterdam-Den Haag, de Groeiagenda Zuid-Holland, de Herstel & Vernieuwingsagenda Rotterdam en verschillende projecten voor bewonersorganisaties in de nabijheid van luchthavens in Nederland. De focus lag daarbij op MKBA's dan wel second opinions over de **groei en krimp van luchtverkeer**, de exploitatie van luchthavens en de wetenschappelijke informatie die daarbij wordt gebruikt. In deze projecten werd met een groot aantal partijen samengewerkt. Tevens worden resultaten van onderzoek transparant gedeeld met de maatschappij, via artikelen in de media (NRC, Economisch-Statistische Berichten en het Financieele Dagblad dan wel via media optredens.

© **NEO Observatory Rotterdam**

Gebruik van informatie uit deze publicatie is op voorwaarde van bronvermelding toegestaan.

## Inhoud

<b>Samenvatting</b> .....	4
<b>1 Inleiding: Fit for 55</b> .....	6
<b>2 De Werkgroep Extra Opgave</b> .....	9
<b>2.1 Alles uit de kast</b> .....	10
<b>2.2 Verschil wind op zee en wind op land</b> .....	12
<b>2.3 Wind op land versus wind op zee: een overzicht</b> .....	12
<b>2.3.1 Daling woningwaarde</b> .....	14
<b>2.3.2 Systeem optimalisatie</b> .....	16
<b>2.4 Naar een MKBA: alternatieve invulling Extra Opgave</b> .....	18
<b>2.5 Naar een 100 % duurzame energiesysteem in 2050</b> .....	22
<b>3 Conclusie</b> .....	26
<b>Literatuur</b> .....	28
<b>Bijlage</b> .....	29

## Samenvatting

Vanwege de recent aangescherpte Europese richtlijn Fit for 55 (55 procent verlaging van de CO<sub>2</sub> uitstoot ten opzichte van 1990) heeft het kabinet voor verduurzaming van het energiesysteem gevraagd om het al gesloten Klimaatakkoord daarvoor aan te passen. In het 'Uitvoeringsoverleg Elektriciteit' is besloten om met het oog op deze versnelling een ad-hoc Werkgroep Extra Opgave in te stellen. Om aan de extra behoefte aan elektriciteit voor 2030 te voldoen heeft deze Werkgroep Extra Opgave een 'voorbeeldscenario' in de vorm van een illustratief pakket van aanbod van duurzame elektriciteit samengesteld, zodanig dat vraag en aanbod van elektriciteit in 2030 in overeenstemming met elkaar zijn. Een onderdeel van dit pakket is dat wind op land en grootschalige capaciteit voor zonne-energie (>15 KW) een rol heeft in het extra elektriciteitsaanbod dat uitgaat boven de bestaande Klimaatakkoord doelstelling van 35 TWh. Hierbij sluit de Werkgroep Extra Opgave aan bij de Regionale Energie Strategie die door de gemeenten is opgesteld. De Werkgroep Extra Opgave heeft één en ander in het rapport 'Alles uit de kast' vastgelegd.

Een probleem van de extra opgave voor wind op land betreft de relatieve inefficiëntie ervan. Wind op zee is gunstiger vanwege de betere windcondities op zee, de schaalvoordelen van hogere windturbines, en de mogelijkheid van een groot aantal windturbines op zee. Wind op land heeft daarentegen een negatief effect op woningwaarde, gezondheid en landschappelijke (recreatie) waarde. De concurrentie om ruimte is in het dichtbevolkte Nederland al groot.

NLVOW/Stichting Windalarm tekent derhalve bezwaar aan bij de uitbreiding van wind op land als extra energiebron om de opgehoogde doelstellingen voor de elektriciteitsvraag in 2030 te behalen. Daartoe heeft de Stichting Windalarm de analyse en het illustratieve pakket van het Uitvoeringsoverleg Elektriciteit nagerekend en komt tot de conclusie dat wind op land niet vereist is om de opgehoogde doelstelling voor het jaar 2030 te realiseren. Er blijken zelfs meer dan genoeg alternatieven te zijn. Het relatieve rendement van wind op land is laag en de maatschappelijke kosten zijn hoog. De NLVOW/Stichting Windalarm heeft alle berekeningen, uitkomsten en analyse daarvan vastgelegd in het rapport 'Het kan met gemak, wind op zee en zon op dak'.

De vraag die NLVOW/Stichting Windalarm aan NEO Observatory heeft gesteld is om het rapport 'Het kan met gemak, wind op zee en zon op dak' te toetsen op de mate van juistheid van de berekeningen en de conclusies die in dat rapport worden getrokken.

De second opinion die NLVOW/Stichting Windalarm aan NEO Observatory heeft gevraagd betreft de volgende vragen:

1. In hoeverre zijn de berekeningen en de cijfers in het rapport 'Het kan met gemak, wind op zee en zon op dak' juist?
2. In hoeverre zijn de conclusies die in dat rapport worden getrokken juist en volledig?
3. Hoe zouden andere oplossingsrichtingen voor de energievraag in 2030 buiten het illustratieve pakket geïdentificeerd kunnen worden?

### **1. in hoeverre zijn de berekeningen en de cijfers in het rapport ‘Het kan met gemak wind op zee en zon op dak’ juist?**

De berekeningen die in het rapport zijn gepresenteerd zijn juist en van bronnen voorzien. Alle bronnen zijn natrekbaar en herhaalbaar gebleken. In het overzicht zijn de voor- en nadelen van wind op zee versus wind op land helder gepresenteerd. Het onderdeel woningwaardeverlies als gevolg van wind op land is zeer waarschijnlijk hoger, omdat met woningniewbouw geen rekening is gehouden. Voorts zou de post gezondheidsschade meegenomen dienen te worden. Deze twee posten verhogen de maatschappelijke kosten van wind op land versus wind op zee aanzienlijk.

### **2. in hoeverre zijn de conclusies die in dat rapport worden getrokken juist en volledig?**

Het rapport maakt duidelijk dat het illustratieve pakket van de Werkgroep Extra Opgave in ‘Alles uit de kast’ (2022) substantiële nadelen heeft. Het ontbreken van alternatieve invullingen voor de doelstelling van 41 TWh extra is het grootste manco van het rapport ‘Alles uit de kast’. Daardoor blijven energetische, financieel-economische en maatschappelijk efficiëntere en effectievere maatregelen buiten beeld voor beleidsmakers. Er blijkt meer in de kast te liggen. Een illustratief pakket aan maatregelen is onvoldoende basis voor een verantwoorde beleidskeuze. Het alternatief van NLVOW/Stichting Windalarm voor het illustratieve pakket is energetisch, financiële (investeringen en exploitatie), en maatschappelijk gunstiger.

Wind op zee is energetisch gunstiger dan wind op land: het waait er harder, vaker en stabiel, zodat er meer vollasturen zijn. De opbrengst van wind op land hangt bovendien samen die van met zon op land. Meteorologische verschillen boven land en zee (inkomende zonnestraling wordt boven zee door water geabsorbeerd, en boven land door lucht) leiden ertoe dat het boven land juist harder waait als ook de zon schijnt, met name in de zomer. Daardoor vergt wind op land meer extra regelbaar vermogen, daardoor tot hogere kosten, en zolang er geen CO2 emissie vrij regelbaar vermogen is, indirect tot extra CO2 uitstoot. Wind op zee is om deze twee redenen te verkiezen boven wind op land.

Het in beschouwing nemen van innovatie en een nadrukkelijker rol internationale handel in waterstof zoals NLVOW/Stichting Windalarm aangeven, zijn economisch correct. Het natuurlijke tempo van innovatie treedt ook op in de technologie voor duurzame energie. Internationale handel is vanuit economisch perspectief een sine qua non voor de markt voor groene energie.

### **3. Hoe zouden andere oplossingsrichtingen voor de energievraag in 2030 buiten het illustratieve pakket aanbod geïdentificeerd kunnen worden?**

Een illustratief pakket is onvoldoende als basis voor besluitvorming. Andere oplossingsrichtingen zouden gevonden kunnen worden door het beschikbare materiaal, in het bijzonder vanuit beide TNO studies uit 2022 over de extra opgave elektriciteitsvraag in 2030 en een studie van het KIVI over vraag en aanbod van energie in 2050, de maatschappelijk-economische effecten van extra windturbines op land, en deze, in combinatie met de voorstellen die NLVOW/Stichting Windalarm, in beleidsalternatieven te vertalen. Deze beleidsalternatieven dienen dan door middel van een maatschappelijke kostenbaten analyse gewogen te worden. Alleen dan komen energetische, financiële (investeringen en exploitatie), en maatschappelijke effecten (dalende woningwaarde en gezondheidsschade door wind op land) helder en evenwichtig in beeld. Het is namelijk gebleken dat er meer in de kast ligt.

## 1 Inleiding: Fit for 55

Recent is duidelijk geworden dat het realiseren van het Akkoord van Parijs, namelijk het beperken van de opwarming van het klimaat tot 1,5 graden, zeer moeilijk dan wel onhaalbaar is geworden. De problemen waar klimaatverandering toe leidt worden ernstiger, zoals frequent aanhoudende droogte en bosbranden. Deze problemen zijn genoegzaam bekend.

Van verschillende zijden wordt aangedrongen op het versnellen van de energietransitie. De Europese Commissie heeft het programma 'Fit for 55'<sup>1</sup> gelanceerd, waarvan het doel is om in 2030 de emissies van broeikasgassen ten opzichte van 1990 met 55 procent te hebben verlaagd, met het oog op volledige stopzetting van CO<sub>2</sub> emissies in 2050. De EC vrijwaart geen bedrijfstakken meer van de energietransitie en duurzaamheidsdoelstellingen. Klimaatverandering laat ons geen keuze.

Nederland heeft qua verduurzaming van het energiesysteem in vergelijking met andere Europese landen een positie in de achterhoede<sup>2</sup>. Echter, ook in Nederland is evenals in Europa een beweging ontstaan om de energietransitie te versnellen. In Nederland zijn de klimaatdoelen in lijn met Fit for 55 ten opzichte van Klimaatakkoord verhoogd, namelijk van 49 procent reductie van CO<sub>2</sub> naar 55 procent in 2030 ten opzichte van 1990. Daarbij richt het kabinet zich bij de uitwerking van de beleidsmaatregelen zich op een hogere doelstelling, namelijk 60 procent reductie van broeikasgassen ten opzichte van 1990 (RED III). RED-III betreft de Renewable Energy Directive, third revision. Deze geeft onder meer aan dat 50% van de gebruikte industriële waterstof in 2030 een groene herkomst heeft (geproduceerd door middel van hernieuwbare elektriciteit). Deze mag ook uit het buitenland worden aangevoerd.

Een onderdeel van de aanscherping van de energietransitie in Nederland is de elektriciteitsvoorziening. Behalve de autonome vraag naar elektriciteit betekent verduurzaming van het energiesysteem elektrificatie. Door de versnelling van de energietransitie wordt de elektrificatie van het energiesysteem dus ook versneld, bijvoorbeeld de transitie van benzineauto's naar elektrisch aangedreven auto's. Er is derhalve een 'Uitvoeringsoverleg Elektriciteit' voor de verduurzaming in het leven geroepen om te bezien hoe dit gerealiseerd gaat worden. In dit overleg is besloten om met het oog op deze versnelling een ad-hoc Werkgroep Extra Opgave in te stellen.

TNO 2022(A)<sup>3</sup> heeft op verzoek van de Werkgroep Extra Opgave een raming opgesteld van de extra vraag naar elektriciteit in 2030. De totale elektriciteitsvraag die door TNO 2022(A) voor 2030 wordt verwacht is 206 TWh. De studie geeft aan dat er een 'ongedekte' behoefte aan elektriciteit is van 41 TWh om de doelstelling van Fit for 55, opgehoogd met de doelstelling voortvloeiend uit de Renewable Energy Directive, 3d revision (RDE-III) te realiseren.

De Werkgroep Extra Opgave heeft de door TNO 2022(A) geraamde nationale elektriciteitsvraag in 2030 als uitgangspunt genomen om aan te geven hoe tegemoet gekomen kan worden aan die extra 41 TWh die nodig is om aan Fit for 55, door het kabinet vanwege RED-III verhoogd naar 60% emissiereductie, te voldoen.

---

<sup>1</sup> <https://www.consilium.europa.eu/nl/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/#what>

<sup>2</sup> Manshanden, W. en F. Reynès (2021), Trends in de internationale ontwikkeling van het energiegebruik. Rotterdam: NEO Observatory

<sup>3</sup> Er wordt in dit rapport naar twee studies van TNO uit 2022 verwezen. Hier gaat het om Hers, S., S. Blom, B. de Wildt, R. Hernandez Serna (2022), Extra opgave elektriciteitsvoorziening 2030. Amsterdam: TNO. Deze studie is aangeduid als TNO 2022(A)

Daarvoor heeft de werkgroep gekeken naar de bestaande prognoses voor duurzame opwek en additionele opties om het door TNO 2022(A) gevonden tekort te dekken. Om aan de geraamde behoefte aan elektriciteit te voldoen is door de Werkgroep Extra Opgave een 'voorbeeldscenario' in de vorm van een illustratief pakket van aanbod van duurzame elektriciteit samengesteld, zodanig dat vraag en aanbod van elektriciteit in 2030 in overeenstemming met elkaar zijn.

Een onderdeel van dit pakket is dat wind op land en grootschalige capaciteit voor zonne-energie (>15 KW) een rol heeft in het extra elektriciteitsaanbod. Hierbij sluit de Werkgroep Extra Opgave aan bij de Regionale Energie Strategie die door de gemeenten is opgesteld. De Werkgroep Extra Opgave heeft één en ander in het rapport 'Alles uit de kast' vastgelegd.

Een probleem van de extra opgave voor wind op land betreft de relatieve inefficiëntie ervan. Wind op zee is effectiever qua opbrengst, vanwege de schaalgrootte van de molens en de omvang van de windparken, het grotere aanbod van wind op zee en de kenmerken daarvan. Wind op zee is namelijk constanter en vult energie uit zon op land beter aan. Hierdoor is wind op zee concurrerder dan wind op land. Een factor die daar aan bijdraagt is dat extra wind en zon worden beperkt door het beschikbare elektriciteitsnetwerk op land, terwijl wind op zee relatief eenvoudiger aansluiting op elektriciteitsnetwerken heeft (door directe koppeling aan het hoofdnet), dan wel de mogelijkheid om wind op zee ter plekke of direct aan de kust om te zetten in groene waterstof met behulp van electrolyzers. Tevens zijn de maatschappelijke kosten van wind op land groter dan wind op zee. Dan gaat het om slaapverstoring en negatieve gezondheidseffecten vanwege de geluidsoverlast van draaiende wieken en waardeverlies van nabijgelegen woningen als gevolg van geluidsoverlast en aantasting van landschappelijke kwaliteit. Deze maatschappelijke kosten zijn substantieel.

NLVOW/Stichting Windalarm tekent derhalve bezwaar aan bij de uitbreiding van wind op land als extra energiebron om de opgehoogde doelstellingen voor de elektriciteitsvraag in 2030 te behalen. Daartoe heeft de Stichting Windalarm de analyse en het illustratieve pakket van het Uitvoeringsoverleg Elektriciteit nagerekend en komt tot de conclusie dat wind op land niet vereist is om de opgehoogde doelstelling voor het jaar 2030 te realiseren. Er blijken zelfs meer dan genoeg alternatieven te zijn. Het relatieve rendement van wind op land is laag en de maatschappelijke kosten zijn hoog. De NLVOW/Stichting Windalarm heeft alle berekeningen, uitkomsten en analyse daarvan vastgelegd in het rapport 'Het kan met gemak, wind op zee en zon op dak'.

### **Vraagstelling**

De vraag die NLVOW/Stichting Windalarm aan NEO Observatory heeft gesteld is om het rapport 'Het kan met gemak, wind op zee en zon op dak' te toetsen op de mate van juistheid van de berekeningen en de conclusies die in dat rapport worden getrokken. Uit het rapport blijkt dat de auteurs een veelomvattende en grondige studie van de duurzame elektriciteitsvoorziening in 2030 hebben gemaakt. De Stichting Windalarm laat daarbij zien over de vereiste kennis te beschikken die nodig is om de bevindingen van het Uitvoeringsoverleg Elektriciteit en de Werkgroep Extra Opgave te toetsen.

Tegelijkertijd geeft de Stichting Windalarm in haar rapport meer aan dan alleen maar het nalopen van de cijfers van die Werkgroep Extra Opgave. De Stichting Windalarm geeft blijk van bewustzijn over de maatschappelijke en economische belangen die gemoeid zijn met de duurzame elektriciteitsvoorziening in 2030. De vraag is namelijk ook: hoe is de markt voor duurzame energie verdeeld in 2030? Verschillende energieaanbieders sorteren nu voor, onder andere met investeringsprojecties voor groene energie, maar ook met grondposities en vergunningen aanvragen, op die toekomstige

markt. Het ophogen van de doelstellingen voor de energietransitie betekent namelijk dat de markt voor duurzame energie is vergroot.

Tegen deze achtergrond wijst de NLVOW/Stichting Windalarm er op dat wind op zee efficiënter is en dat er geen maatschappelijke kosten-baten studie is uitgevoerd om financiële, economische en maatschappelijk efficiëntere en effectievere oplossingsvarianten te identificeren in een open en transparant proces met alle stakeholders. Er kan op voorhand al geconstateerd worden dat de regionale energiestrategieën (RES), die ook gebruik maken van wind op land, op het land zijn samengesteld en niet op zee. Dat draagt niet bij aan een afweging die tot een maatschappelijk efficiënte en effectieve keuze komt.

De second opinion die NLVOW/Stichting Windalarm aan NEO Observatory heeft gevraagd betreft de volgende vragen:

- 1.** In hoeverre zijn de berekeningen en de cijfers in het rapport 'Het kan met gemak, wind op zee en zon op dak' juist?
- 2.** In hoeverre zijn de conclusies die in dat rapport worden getrokken juist en volledig?
- 3.** Hoe zouden andere oplossingsrichtingen voor de energievraag in 2030 buiten het illustratieve pakket geïdentificeerd kunnen worden?

Daarbuiten vraagt Stichting Windalarm een bijdrage aan de externe communicatie van de uitkomsten van de second opinion. Dit betreft het onderwerp presentatie van de uitkomsten en nazorg.



## 2 De Werkgroep Extra Opgave

Teneinde aan de verhoogde taakstelling voortvloeiend uit Fit for 55 en RED-III te voldoen heeft TNO 2022(A) een raming van de vraag naar elektriciteit in 2030 opgesteld en in beeld gebracht (Tabel 2.1). De vraag naar elektriciteit in 2030 is daarin gegeven voor de drie onderscheiden doelstellingen, namelijk die van de Klimaatwet 2021 (49%), Fit voor 55 (55%), en Fit for 55 verhoogd met de REDIII (Renewable Energy Directive III). RED III vereist dat 50% van het finale gebruik van industriële waterstof een groene herkomst heeft.

De huidige (2021) vraag naar elektriciteit bedraagt 108 TWh. De autonome ontwikkeling van de elektriciteitsvraag is aangevuld met de extra vraag voor verduurzaming vanuit de industrie, datacenters, de gebouwde omgeving, mobiliteit en landbouw. TNO 2022 heeft de extra behoefte aan elektriciteit voor waterstof afzonderlijk in beeld gebracht. De inspanning voor REDIII wordt daarin afzonderlijk zichtbaar, omdat het daarin om 50% groene waterstof van alle benodigde waterstof gaat. Nu was er al een extra inspanning van uit het Klimaatakkoord, waarbij de productie van elektriciteit van 108 (2021) naar 120 (2030) TWh gaat. De extra opgave betekent onder de drie doelstellingen respectievelijk 43,7, 67,7 en 86,1 TWh elektriciteit.

**Tabel 2.1** Overzicht inschatting extra elektriciteitsvraag 2030 bij elk van de drie reductie-doelstellingen

Elektriciteitsvraag (TWh per jaar)	49%	55%	55% + RED III
<b>Elektriciteitsvraag ten tijde van Klimaatakkoord (a)</b>	108	108	108
<b>Extra vraag industrie 2030 (b)</b>	30,6	50,3	55,6
- Waarvan directe elektriciteitsvraag	22,2	29,3	29,3
- Waarvan elektrolyser elektriciteitsvraag	8,4	21,0	26,3
<b>Extra vraag datacenters 2030 (c)</b>	2,3	2,3	2,3
<b>Extra vraag gebouwde omgeving 2030 (d)</b>	8,4	10,5	10,5
<b>Extra vraag mobiliteit 2030 (e)</b>	12,4	14,6	27,7
- Waarvan directe elektriciteitsvraag	12,4	14,6	14,6
- Waarvan elektrolyser elektriciteitsvraag			13,1
<b>Extra vraag landbouw 2030 (f)</b>	2	2	2
<b>Totale elektriciteitsvraag 2030 (g = a+b+c+d+e)</b>	163,7	187,7	206,1
- Waarvan directe elektriciteitsvraag	155,3	166,7	166,7
- Waarvan elektrolyser elektriciteitsvraag	8,4	21,0	39,4
<b>Elektriciteitsvraag 2030 o.b.v. Klimaatakkoord (h)</b>	120	120	120
<b>Extra opgave (g-h)</b>	43,7	67,7	86,1

Bron: TNO 2022, p22

TNO 2022(A) geeft bij de bepaling van de raming van extra elektriciteit enige noties mee die voor het vervolg van belang zijn. Significante onzekerheden ontstaan uit de betekenis van CCS en de gevolgen daarvoor voor elektrificatie van de industrie. Tevens is de reikwijdte van REDIII met betrekking tot het aandeel groene waterstof nog onduidelijk (er is nog geen definitief besluit genomen de door de EU en de toedeling van de opgave voor Nederland wordt nog uitonderhandeld). Tenslotte wijst TNO 2022(A) erop dat de gebouwde omgeving enerzijds een hogere elektriciteitsvraag kent, maar

dat er ook alternatieven zijn, zoals inzet op energiebesparing, of andere energiebronnen, zoals geothermie en groen gas. TNO 2022(A) concludeert dat de extra elektriciteitsopgave (voor een reductiedoelstelling van 55%) significant hoger kan uitvallen, maar ook lager (TNO 2022(A), p21), afhankelijk van de inzet van alternatieve CO<sub>2</sub>-neutrale bronnen en ander mobiliteitsgedrag. In het geval van een hogere vraag, schiet de geraamde productie van elektriciteit in 2030 dan tekort. In totaal raamt TNO 2022(A) het tekort op 41 TWh in 2030 en 23 TWh in 2031. Deze neerwaartse ontwikkeling in één jaar ontstaat door het in gebruik nemen van extra wind op zee (extra capaciteit van 4 GW/18 TWh). Het meenemen van deze sprong in de productie van groene stroom uit wind op zee in 2031 levert een cruciale bijdrage aan de extra opgave, omdat dit alleen al de inzet van extra wind op land overbodig maakt.

## 2.1 Alles uit de kast

De Werkgroep Extra Opgave geeft invulling aan de dekking van het tekort van 41 TWh in 2030. De energiebalans voor 2021 laat zien dat in 2021 391 PJ elektriciteit beschikbaar kwam voor binnenlands gebruik (in 2019 was dit 393 PJ, zie Bijlage 1, tabel B1). Deze 391 PJ staat gelijk aan 108 TWh en is het uitgangspunt voor TNO 2022(A) en de Werkgroep Extra Opgave. Deze hoeveelheid elektriciteit voor finaal verbruik is samengesteld uit elektriciteit uit fossiele bronnen, hernieuwbare bronnen, biomassa, uranium en overige niet-substantiële bronnen. Deze elektriciteit is beschikbaar voor finaal verbruik voor huishoudens, mobiliteit (openbaar vervoer), en bedrijfstakken in de landbouw, industrie, en dienstverlening.

Het rapport 'Alles uit de kast' geeft aan dat er in bestaande plannen voortvloeiend uit de Klimaatwet (49%) al voor 165 TWh is voorzien. Om aan de totale vraag van 206 TWh (inclusief de extra opgave) te voldoen, resteert er derhalve een extra opgave van 41 TWh voor 2030. Hierbij rekent de Werkgroep niet de extra 18 TWh wind op zee mee welke in 2031 ter beschikking komt en die in het onderliggende TNO 2022(A) rapport wel wordt genoemd voor de 2030 doelstelling.

Niettemin schetst de Werkgroep Extra Opgave een illustratief pakket om aan de verhoogde doelstelling van 41 TWh zonder deze 18 TWh te voldoen: 9 TWh extra wind voor waterstofproductie op zee, extra kleinschalig zon-PV op particuliere daken (7 TWh), 10 extra grootschalig wind n zon op land en 5 TWh import van groene waterstof. Daarnaast stelt zij dat voor de balans 13 TWh extra CO<sub>2</sub> vrije regelbare productie productie nodig is. Benadrukt wordt dat dit een 'illustratief pakket' is. Opgemerkt wordt dat weliswaar de extra regelbare productie CO<sub>2</sub> vrij dient te zijn, zoals groen gas, maar dat kan ook CCS betreffen. Het nadeel van CCS is dat dit extra energie vergt.

Het centrale punt voor NLVOW/Windalarm is de extra 10 TWh die afkomstig zou moeten zijn uit extra grootschalige zon en wind op land (tabel 2.2) (extra hernieuwbaar op land).

De stelling van NLVOW/Windalarm is dat extra wind op land en zon in landschap niet noodzakelijk zijn voor het behalen van de doelstelling. Zij schatten op basis van de RES plannen dat de helft (5 TWh) uit zulke oplossingen zal bestaan. De andere helft zal bestaan uit zon op grote daken. Hiervoor is breed maatschappelijk draagvlak. De centrale vraag die "Het kan met gemak" beantwoordt, is of de 5 TWh waar omheen maatschappelijk weerstand over bestaat op een andere manier kan worden ingevuld. De algemene doelstelling, namelijk versnelling van de duurzame energieproductie wordt door beide organisaties wel onderschreven, evenals de bepaling van de extra vraag naar elektriciteit door TNO 2022(A), en de extra opgave van 41 TWh.

De argumenten van NLVOW/Stichting Windalarm zijn dat met name de ontwikkeling van extra hernieuwbaar op land, met name wind op land, inefficiënt is, maatschappelijk nadelig, dat er volop alternatieven zijn, en dat één illustratief pakket om de doelstelling te realiseren onvoldoende is om een goede maatschappelijke afweging te maken.

**Tabel 2.2 Samenvatting verkenning elektriciteitsvraag (linksboven) potentieel extra aanbod (linksonder) en een illustratief pakket aan aanbod dat matcht met de vraag (rechts); alle cijfers in TWh<sub>e</sub>/jr.**

Tabel 1: Samenvatting verkenning elektriciteitsvraag (linksboven) potentieel extra aanbod (linksonder) en een illustratief pakket aan aanbod dat matcht met de vraag (rechts); alle cijfers in TWh<sub>e</sub>/jr.

Elektriciteitsvraag	55% + RED III	Illustratief pakket matchend aanbod	55% + RED III
Elektriciteitsvraag ten tijde Klimaatakkoord	108	Totaal al voorzien aanbod:	165
Extra vraag industrie 2030	56	Waarvan regelbare productie	35
Extra vraag datacenters 2030	2	<i>Extra opgave t.o.v. vraag</i>	41
Extra vraag gebouwde omgeving 2030	11		
Extra vraag mobiliteit 2030	28	Illustratief pakket extra aanbodopties:	
Extra vraag landbouw 2030	2	Extra wind-en-waterstofproductie op zee <sup>1,2</sup>	9
		Extra kleinschalig zon-PV	4
<b>Totale elektriciteitsvraag 2030</b>	<b>206</b>	Extra hernieuwbaar op land	10
<b>Waarvan directe elektriciteitsvraag</b>	<b>167</b>	Extra (CO <sub>2</sub> -vrije) regelbare productie	13
<b>Waarvan indirecte elektriciteitsvraag</b>	<b>39</b>	Import van waterstof <sup>1,3</sup>	5
Elektriciteitsvraag 2030 in Klimaatakkoord	120	<i>Totaal extra aanbod</i>	41
Extra vraag t.o.v. verwachting Klimaatakkoord	86		
		<b>Totaal aanbod elektriciteit</b>	<b>206</b>
<b>Potentieel extra elektriciteitsaanbod</b>		<b>Waarvan t.b.v. directe elektriciteit</b>	<b>167</b>
Extra wind-en-waterstofproductie op zee <sup>1,2</sup>	9	<b>Waarvan t.b.v. indirecte elektriciteit</b>	<b>39</b>
Extra kleinschalig zon-PV	4	Waarvan conversie elektr. → waterstof	25
Extra hernieuwbaar op land	10-20	Waarvan direct waterstof <sup>1</sup>	14
Extra (CO <sub>2</sub> -vrije) regelbare productie	PM		
Import van waterstof <sup>1</sup>	23-58	Waarvan bij emissiedoel 6,1 Mton <sup>4</sup> :	
Totaal potentieel extra aanbod	46-91	Conventionele regelbare productie	17
Waarvan t.b.v. directe elektriciteit	14-24	CO <sub>2</sub> -vrije regelbare productie	31
Waarvan t.b.v. indirecte elektriciteit <sup>1</sup>	32-67	<i>Totaal aandeel regelbaar in e-productie<sup>5</sup></i>	<i>25%</i>

<sup>1</sup>: Directe waterstofproductie op zee en -import zijn teruggerekend naar de vermeden elektriciteit die anders zou zijn ingezet voor hun productie, met een rendement van 57% (LHV). Verder in het rapport benoemd als TWh<sub>e</sub>-equivalenten.

<sup>2</sup>: Verdere groei van wind op zee met aanlanding van elektriciteit is tot 2030 (6 GW extra) en 2031 (nog eens 4 GW) niet meer mogelijk. Daarom is specifiek gekeken naar extra wind op zee met offshore elektrolyse en aanlanding als waterstof. Of dit past binnen de ecologische ruimte op de Noordzee is hier niet verkend.

<sup>3</sup>: Import van waterstof is in dit illustratieve pakket meegenomen als reserve-optie.

<sup>4</sup>: In het illustratieve pakket is geen onderscheid gemaakt tussen extra conventionele en CO<sub>2</sub>-vrije regelbare productie. Indien de extra regelbare productie geheel met aardas wordt ingevuld leidt dit samen met de reeds voorziene

Bron: Uitvoeringsoverleg Elektriciteit, Werkgroep Extra Opgave (2022), Alles uit de kast. Een verkenning naar de opgaven voor het Nederlandse elektriciteitssysteem van 2030

## 2.2 Verschil wind op zee en wind op land

Het rapport NLVOW-Stichting Windalarm (2022) *Het kan met gemak, wind op zee en zon op dak* kent verschillende lagen. Ten eerste een vergelijking tussen wind op zee en op land voor relevante parameters, ten tweede meerdere opties om de doelstelling van de extra opgave te realiseren, en ten derde een beschouwing over het beleid, de politiek en de lobby. In het onderstaande wordt hoofdzakelijk ingegaan op de eerste twee elementen, daar deze geverifieerd kunnen worden. Over het derde element zullen slechts enige algemene opmerkingen worden gemaakt.

Het kernpunt van NLVOW/Windalarm is dat er energetisch, financieel en maatschappelijk efficiëntere en effectievere alternatieven voor de illustratieve invulling van de Werkgroep Extra Opgave in 'Alles uit de Kast' zoals omschreven in tabel 2.2 zijn. Deze zijn neergelegd in het rapport 'Het kan met gemak, wind op zee en zon op dak' en samengevat in tabel 2.3.

NLVOW/Stichting Windalarm heeft in de kern drie bezwaren tegen het voorstel van de Werkgroep Extra Opgave in 'Alles uit de kast':

1. De nadelen van wind op land zijn te groot en leveren een te kleine bijdrage aan de taakstelling, terwijl er voldoende alternatieven zijn zonder die nadelen en grotere opbrengsten leveren tegen lagere kosten.
2. De Werkgroep Extra Opgave heeft zich beperkt tot één oplossingsrichting als illustratief pakket zonder zulke alternatieven te ontwikkelen.
3. Daardoor is er geen keuze voor beleidsmakers en politici en wordt op basis van Alles uit de kast een maatschappelijk ineffectieve in inefficiënte oplossingsrichting gekozen.

Hiermee levert het rapport 'Alles uit de Kast' niet de informatie die nodig is voor beleidsmakers en politici om tot een verantwoorde keuze te komen met het oog op het klimaat, een optimaal en efficiënt duurzaam energiesysteem en een leefbare woonomgeving.

## 2.3 Wind op land versus wind op zee: een overzicht

NLVOW/Stichting Windalarm heeft de verschillen tussen wind op land en op zee helder gepresenteerd (zie tabel 2.3) in hun rapport en geeft een plausibele uitkomst.

In het overzicht van voordelen en nadelen van wind op zee versus wind op land (tabel 2.3) zijn er enige punten die niet zijn benoemd. Het negatieve effect van windmolens door geluidsoverlast op de gezondheid is niet meegenomen. De natuur impact is wel genoemd, maar alleen kwalitatief geduid. Recreatieve waarde op land gaat verloren, maar zou wel genoemd moeten zijn. Vermoedelijk is dit bedoeld met 'landschap-impact zone'. Ruimtelijke concentratie van windmolens is op zee beter mogelijk, waarbij de nadelen van wind op land ontbreken.

**Tabel 2.3** Overzicht verschillen tussen wind op land of op zee bij een gelijke opbrengst van 1 TWh/jaar

	Wind op land 1 TWh/jaar	Wind op zee 1 TWh/jaar	Toelichting
<b>Turbines</b>			
Hoogte turbines	150-230	240	
Vollasturen	3.100	4.500	
Megawatt	322	222	TWh jaar /vollasturen = MW
Megawatt per turbine	4	15	4 MW op land (gemiddelde) 15 MW op zee (2022 tender)
Aantal turbines	81	15	
<b>Klimaat impact</b>			
Extra gas bijstook per jaar	21 miljoen m3	0	Extra ten opzichte van wind op zee door lagere vollasturen
Extra CO2 uitstoot per jaar	40.000 ton	0	Op basis van bijstook met gas. Bij kolen hoger.
<b>Economische impact</b>			
Huizen in overlast zone	44.800	0	Straal 2,5 km, TNO 2022
Woning waarde daling	€ 408 miljoen	0	
Opbrengstderving visserij per 1 TWh	0	€ 31.000	Per jaar
Opbrengstderving visserij per hectare	0	€ 11	Per jaar
Kosten extra CO2 uitstoot per jaar	€ 40 miljoen	0	Extra ten opzichte van wind op zee
Extra opwek kosten gas bijstook	€ 47 miljoen	0	Bij productie kosten van 9 cent per kWh (2021) voor gas stroom. Toekomst: kosten omzetting en bufferkosten waterstof of batterijen.
<b>Omgevingsimpact</b>			
Inwoners in overlast zone	94.000	0	Gemiddeld RES plannen (2,5 km)
(Landschap) impact zone	2.133 Km2	220 km2	Land: 79 km2 (5 km zichtlijn) per groep van 3 turbines (RES hagelstagbeleid) Zee: 10 MW per km2 (geen landschapsverstoring buiten lokaties zelf, staan ook in grote concentraties)
Natuur impact	Meer	Minder	Impact op land lijkt veel groter dan zee.
<b>Productiekosten elektriciteit</b>			
Kust bij Groningen, Friesland en de kop van Noord Holland.	€ 41,0 miljoen	€ 43 miljoen	Wind op land: SDE 2022 (8,0 – 8,5m/s), 4,1 cent /kWh; Wind op zee: 4,3 cent per kWh (incl. netwerk). Rekenkamer 2018
Binnenland (Amersfoort)	€ 55,4 miljoen	€ 43 miljoen	SDE 2022 (< 6,75 m/s), 5,54 cent /kWh
Hoogtebeperking (Amsterdam)	€ 57,4 miljoen	€ 43 miljoen	SDE 2022 hoogte beperking (7,0 – 7,5 m/s), 5,74 cent /kWh;
<b>Opbrengst (marktwaarde) elektriciteit</b>			
Opbrengst per 1 kWh (januari t/m juli 2022)	€ 0,041	€ 0,0445	Bij “normale” opbrengst regelbaar vermogen van € 0,05 per kWh. Wind op land draagt vaker tot overschotten (de prijs daalt dan tot nul), dit drukt de gemiddelde opbrengst (marktwaarde).
Opbrengst per 1 TWh	€ 41 miljoen	€ 44,5 miljoen	Idem

Bron: NLVOW/Windalarm 2022

### 2.3.1 Daling woningwaarde

Het waardeverlies voor woningen door wind op land verdient extra aandacht vanwege de omvang van deze post. Dit waardeverlies is waarschijnlijk hoger dan NLVOW/Stichting Windalarm aangeven. Het uitgangspunt voor de bepaling van het waardeverlies is de studie TNO 2022(B)<sup>4</sup>. Deze onderzoekers hebben voortbouwend op Dröes en Koster 2021 het waardeverlies van woningen als gevolg van de geprojecteerde uitbreiding van het aantal windturbines op land volgens de voornemens van het totaal van alle Regionale Energie Strategieën. Het belang van de studie van Dröes & Koster 2021 is dat zij de invloed van hoogte en afstand van windturbines op woningwaarde hebben geschat. Zij komen tot de volgende resultaten:

- de plaatsing van een windmolen heeft een algemeen negatief effect van 1,8 procent op de woningwaarde.
- Windmolens hoger dan 150 meter en binnen 2 kilometer afstand leiden tot een daling van de woningwaarde met 5,4 procent.
- Turbines kleiner dan 50 meter hebben geen waarneembaar effect.
- Zonneweilanden binnen 1 kilometer afstand hebben een negatief effect van 2,6 procent op de woningwaarde

De onderzoekers van TNO2022(B) hebben de analyse van Droes en Koster 2021 nagevolgd en daarmee de RES projecties voor wind op land in 2030 ten opzichte van 2020 doorgerekend. Zij komen daarbij op een totaal van 9,8 miljard euro extra woningwaardeverlies in 2030 als gevolg van het extra aantal windturbines in de RES. Daarbij houden ze rekening met de nabijheid van woningen tot de turbines en de omvang (tiphoogte) van die turbines.

**Tabel 2.4 Overzicht parameters woningwaardeverlies van uitvoering wind op land in de RES 2020-2030**

	2020	2030	Δ 2020-'30
<b>Windturbines op land</b>	<i>actueel</i>	<i>projectie</i>	<i>verschil</i>
Aantal	1.855	3.259	1.404
MW	3.783	9.357	5.574
<b>Woningen in de nabijheid van windturbines</b>			
Aantal x1000	891	1666	775
%	12%	22%	10%
<b>Waardeverlies</b>			
Totaal (miljard euro)	5,7	15,5	9,8
per woning (euro)	6.356	9.295	2.939
per woning %	2,6%	3,8%	1,2%

Bron: Mulder, Boonman, Sterkenburg (2022), TNO, pp23-26, conform opgave NLVOW, Stichting Windalarm 2022, p18

NLVOW/Stichting Windalarm komen in hun bepaling van het woningwaardeverlies in het illustratieve pakket van Alles uit de kast op 416 miljoen euro (NLVOW/Stichting Windalarm, 2022, p 18)<sup>5</sup>. Daarbij wordt uitgegaan van het woningwaardeverlies per 1 TWh door extra wind op land. Bij narekening

<sup>4</sup> Mulder, P., H. Boonman en R. Sterkenburg (2022), De verwachte impact van windturbines op huizenprijzen in Nederland. Een ruimtelijke analyse voor de periode 2020-2030. Den Haag: TNO

<sup>5</sup> In de tabel is abusievelijk 408 miljoen euro vermeld.

blijkt het bedrag van 416 miljoen euro per TWh te worden gevonden. Kortom, vanuit de informatie van TNO 2022(B) wordt eenzelfde getal teruggevonden en is de conclusie van NLVOW/Stichting Windalarm narekenbaar.

Het gaat om de verandering tussen 2020 en 2030. Daar wordt het woningwaardeverlies per TWh elektriciteit bepaald aan de hand van de door TNO gegeven parameters. Dan betekent 5,57 GW extra vermogen wind op land. Dat is bij 3100 vollasturen 17,28 TWh stroom. Per TWh extra wind op land is dat  $775000/17,28 = 44.850$  woningen in de nabijheid van windmolens extra. Het extra waardeverlies wordt nu bepaald door de woningen die in 2020 buiten de impactzone van windmolens vielen, en daarna er binnen. Dan dient niet gerekend te worden met het verschil tussen het verlies per woning tussen 2020 en 2030, maar met het verlies van de extra woningen die in 2020 niet, en in 2030 wel in een impactzone terecht kwamen. Dat bedrag ligt op 9.295 euro. Juist deze extra woningen hebben dan een procentueel hoger waardeverlies per woning vanwege hogere windmolens. Het totaalbedrag komt dan op 416,9 miljoen euro per TWh. Dat is het getal dat ook NLVOW/Stichting Windalarm heeft bepaald en in de tekst noemt.

Indien het illustratieve pakket wordt uitgevoerd met 4 TWh wind op land extra, komt dat neer op 1,66 miljard euro.

Hoewel het een plausibele puntschatting is, is de werkelijkheid natuurlijk anders. Daardoor komt het woningwaardeverlies waarschijnlijk hoger uit. TNO 2022(B) maakt namelijk voor de periode tot 2030 de volgende veronderstelling:

*'Omwille van de zuiverheid van de berekening kijken we voor de situatie in 2030 alleen naar het effect van nieuwe turbines, terwijl we al het overige dat tot die tijd zal veranderen – waaronder huizenprijzen en aantallen woningen – constant houden (ceteris paribus).'*

TNO 2022(B) meet alleen het effect van de extra turbines tot en met 2030 (de marginale analyse, dat wil zeggen de verandering die ontstaat door extra windmolens op land). Vanuit de welvaartsanalyse past de benadering van TNO bij een MKBA waarin de marginale verandering centraal staat vanuit een nul-alternatief. Deze veronderstelling, hoewel deze goed wordt begrepen, is niettemin heroïsch, omdat zij de schatting uitvoeren waarbij de woningvoorraad en woningprijzen in 2030 gelijk stellen aan die in 2020. Dat is niet plausibel; het aantal zal hoe dan ook stijgen vanuit de huidige planvorming voor de woningbouw waarbij circa 10 procent extra woningen plausibel is bij de huidige woningvoorraad. Indien daar rekening mee gehouden wordt, en bij een realisatie van gemiddeld 70.000 nieuwbouwwoningen per jaar er in totaal 700.000 woningen worden toegevoegd aan de woningvoorraad. Indien deze, bij veronderstelling, evenredig worden verdeeld over de getroffen woningen, is het effect een factor 1,12 hoger. Het woningwaardeverlies komt dan op 466 miljoen uit.

Nu zijn woningprijzen in de toekomst onvoorspelbaar. Door de aanname van TNO 2022(B) is de uitkomst feitelijk al geldig voor het basisjaar, omdat voor dat jaar de prijzen en het aantal woningen bekend is. De essentie is dat de economische en ruimtelijke omgeving niet statisch is, maar dynamisch. Vanuit diverse sectoren en maatschappelijke behoeften nemen de ruimteclaims de komende jaren toe. Juist dit is een essentie van waardebepalingen van negatieve externe effecten in welvaartsanalyse. Dat gaat echter verder dan de scope van de studie van Mulder, Boonman en Sterkenburg, TNO 2022(B). Voor een economische effect studie volstaat de benadering, maar indien voor een MKBA zou worden gekozen, dient juist de dynamiek in de toekomst in beleidsalternatieven te worden uitgewerkt.

In ieder geval zou de tabel in het rapport van NLVOW/Windalarm 2022 kunnen aangeven dat de uitkomst exclusief nieuwbouw is. Een extra woningwaardeverlies van 466 miljoen euro per TWh is

plausibel. Tevens is het met de parameters van deze auteurs mogelijk een verlies aan woningwaarde door zonneweilanden op te nemen.

De conclusie is dat het verlies aan woningwaarde hoger is dan NLVOW/Stichting Windalarm 2022 aangeeft. Dat betreft de volgende posten:

- Woningwaarde verlies van 416 miljoen euro is correct, maar is komt op 466 miljoen euro door rekening te houden met nieuwbouw,
- het waardeverlies door gezondheidsschade en recreatieve waarde niet zijn opgenomen,
- en het woningwaardeverlies door extra zonneweilanden zou ook kunnen worden opgenomen.

Per saldo komt het waardeverlies door de negatieve externe effecten van extra wind op land hoger uit.

### 2.3.2 Systeem optimalisatie

Wind op zee is energetisch gunstiger dan wind op land. Een interessant punt is niettemin dat ten alle tijden een combinatie van wind op zee en zon op land gunstiger is dan de combinatie wind op land, wind op zee en zon op land (CE Delft 2021, Elektrificatie en vraagprofiel. Delft: CE Delft). Dit is het gevolg van meteorologische kenmerken van wind en zon boven land versus zee. Een hoeksteen in de overweging om de prioriteit bij wind op zee te leggen is de hogere en meer stabiele opbrengst van windmolens op zee in plaats van wind op land. Dit is tevens een uitgangspunt is het systeemontwerp van een duurzame energievoorziening in 2050 van het KIVI 2020.

De primaire reden is dat er op zee meer wind is, de gemiddelde windkracht hoger is en dat deze constanter is. Per megawatt windvermogen is de opbrengst op zee 50% hoger dan op land. Dit leidt er toe dat wind op zee minder aanvullend regelbaar vermogen vereist dan wind op land. Een bijzondere karakteristiek is dat wind op land concurreert met zon op land; het waait boven land namelijk ook harder als er meer zon is (CE Delft, 2020).

Dit heeft een meteorologische oorzaak. In het geval van hoge luchtdruk in de omgeving van Nederland (niet boven Nederland, dan is het windstil) met veel zonneschijn, is er meer inkomende zonnestraling en warmte. Deze energie wordt boven land anders geabsorbeerd dan boven zee. Boven zee verdwijnt deze zonneenergie in de bovenste waterlaag (water heeft een hoge soortelijke warmte). Land geleidt warmte slecht, zodat alleen de toplaag warm wordt (hetgeen onder andere goed merkbaar is op het strand). Boven land wordt de warmte voor een relatief groot deel door de lucht geabsorbeerd, met als gevolg dat de onderste luchtlaag verwarmd wordt. Daardoor ontstaan boven land horizontale en verticale drukverschillen, die worden opgeheven door verplaatsing van lucht: wind. Dit treedt juist op als er veel zon is (overdag). Het leidt ook tot grote verschillen in temperatuur boven land en zee in kustregio's, waar zeewind opsteekt. Dit verschil van absorbtie van zonnestraling boven land en zee vindt op dagelijkse basis (vooral in de zomer) en op seizoensbasis plaats. Het verschil tussen de seizoenen in absorbtie van zonnestraling boven land versus zee leidt tot het onderscheid van een continentaal dan wel zeeklimaat in het klimaatsysteem van Köppen.

Het effect is dat de variabiliteit van wind op land relatief groot is, en positief samenhangt met zon op land. Juist daardoor ontstaat in de zomer een dubbele piek in het elektriciteitsaanbod uit wind én zon op land, dat het net niet altijd kan verwerken. CE Delft, 2020 'Elektrificatie en toekomstig vraagprofiel – Rapport experttraject TenneT E-top' concludeert dan ook dat:



*'Daarnaast blijkt uit een uitgevoerde optimalisatie dat productie van wind op zee te allen tijde gunstiger is dan productie van wind op land, aangezien de correlatie tussen de twee technieken groot is maar wind op zee meer variabiliteit heeft. Dit betekent dat een mix van zon-pv en wind op zee optimaal is. (CE Delft, 2020, p97-98).*

De conclusie van NLVOW/Stichting Windalarm dat het energetisch veel gunstiger is om wind op zee te ontwikkelen dan op land, is dan ook terecht. Daar zijn twee argumenten voor. Ten eerste is het fors hogere rendement van wind op zee in vergelijking met wind op land. Ten tweede is wind op land concurrerend met zon op land, waardoor er meer variabiliteit op het elektriciteitsnet ontstaat (met name hoge pieken in de zomer), waardoor er meer regelbaar vermogen nodig is.

Wind op land vereist daardoor voor iedere TWh meer extra regelbaar vermogen, hetgeen kostbaarder is, en zolang er geen volledige CO2 vrije elektriciteitsproductie is, ook extra CO2 uitstoot. De conclusie is dat extra wind op land in de periode tot 2030, de zichtperiode van de Werkgroep Extra Opgave, door wind op land indirect meer extra regelbaar vermogen creëert, hogere kosten teweegbrengt en indirect tot extra CO2 emissie leidt zolang er geen CO2 vrije regelbaar vermogen is. Deze situatie vergt centrale coördinatie van de organisatie van het duurzame energiesysteem, om zulke inefficiënties te vermijden. De conclusie van NLVOW/Stichting Windalarm dat het overheidsbeleid ontoereikend is geweest, kan worden onderschreven, omdat extra wind op land juist leidt tot ingebouwde inefficiëntie. Energieplanologie is vereist.

## 2.4 Naar een MKBA: alternatieve invulling Extra Opgave

NLVOW/Stichting Windalarm (2022, p51) hebben zeven opties gegeven om de doelstelling van indicatief 5 TWh als alternatief voor wind op land en zon in weiland te realiseren (tabel 2.4).

**Tabel 2.5 Extra opties 2030 ten opzichte van *illustratief pakket* ter vervanging van voorgestelde 5 TWh extra wind op land en zon in landschap**

A	4 GW capaciteit in 2031 meenemen	18
B	Innovatie windturbine op zee	6
C	Vernieuwing oude windparken op zee	18
D	Meer zon op grote daken/infra (RES aanbod)	5
E	Import 50% van groene waterstof	18
F	Verplaatsing energie-intensieve industrie	12
G	Inzetten op energiebesparing	5
	<b>Totaal</b>	<b>82</b>
	<b>Extra aanbod (A t/m E)</b>	<b>65</b>
	W.v. extra aanbod wind op zee (A+B+C)	42
	Wv extra vraagvermindering (F + G)	17

Bron: NLVOW/Stichting Windalarm (2022, p51)

NLVOW/Stichting Windalarm onderbouwt de extra opties als volgt (p51-52):

**Ad A) Meenemen van de 4 GW (18 TWh) Extra wind op zee welke in 2031 ter beschikking komt door 2031 als doeljaar te nemen of eventuele belemmeringen op te lossen zodat de doelen in 2030 gehaald kunnen worden.**

Deze mogelijkheid wordt ook door Hers ea. (TNO 2022(A), p24) geboden: ‘Het navolgende jaar wordt nog 4 GW extra wind op zee voorzien, waarmee 18 TWh aanvullende productie van CO<sub>2</sub>-vrije elektriciteit wordt gerealiseerd.’

In het TNO [rapport](#) *Extra opgave elektriciteitsvoorziening 2030* (TNO 2022 (A) pag. 23) wordt de 4 GW (18 TWh) die in 2031 ter beschikking komt wel degelijk meegerekend voor de 2030 doelstelling:

Voor het **elektriciteitsaanbod in 2030** gaan we in deze notitie uit van de inschattingals opgesteld in de KEV 2021 en de recente aankondiging van 10 GW extra wind op zee van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2021).<sup>29</sup> Daarbij wordt 6 GW extra wind op zee verwacht in 2030 en nog eens 4 GW extra wind op zee in 2031.

**Tabel 2.6 De raming voor elektriciteitsproductie voor 2030/2031 volgens de Klimaat- en Energieverkenning 2021 en de aanvullende wind op zee ambities zoals bekend gemaakt door het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat**

Opwek technologie	Opbrengst 2030	Opbrengst 2031
	TWh	TWh
<b>Wind op zee 2030 (11,5 + 6 GW)</b>	77	77
<b>Extra wind op zee 2031 (4 GW)</b>		18
Wind op land	23	23
Zon-PV (>15 kW)	13	13
Zon-PV (<15 kW)	10	10
Biomassa	3,2	3,2
Nucleair	3,5	3,5
Fossiel (CCGT en JV WKK)	35	35
<b>Totaal binnenlandse elektriciteitsproductie</b>	<b>164,7</b>	<b>182,7</b>

Bron: TNO 2022(A), p24

**Ad B)** Rekenen met meer **up-to-date vollasturen** voor wind op zee. Dat geeft naar schatting **6 TWh** extra binnen de huidige reeds te implementeren innovaties.

Innovatie en de daaruit verwachte extra productiviteit (meer vollasturen) en operationeel bij hoge windsnelheden zijn plausibel. Het percentage waarmee de productiviteit van windturbines naar verwachting toeneemt is plausibel, namelijk in de orde van grootte van 1 à 2 procent per jaar extra productiviteit. Dit is in lijn met productiviteitsverbeteringen in andere sectoren. Het is te beschouwen als normale technologische vooruitgang. Schaalvoordelen zullen naar verwachting leiden nog tot verdere dalingen van de kostprijs en innovatie, hoewel de windturbine op een gegeven moment uitontwikkeld zal zijn. Recent zijn zulke kostenverlagende innovaties bevestigd door de NVDE en NWEA met hun nieuwe rekentool. De NVDE verwacht dat de prijs van wind op zee snel zal dalen. De NWEA heeft aangegeven dat subsidie voor windmolens kleiner dan 150 meter achterhaald is, omdat de standaard nu hoger dan 200 meter is.

**Ad C)** Meenemen van de extra capaciteit die beschikbaar kan komen bij **modernisering van de oudere wind op zee parken** (dicht op de kust). Dit levert **18 TWh** op welke bijvoorbeeld kan worden ingezet voor waterstof productie voor hoogovens (de parken liggen hiervoor gunstig).

Dit is een suggestie van Urgenda, waarover nog geen besluiten zijn genomen door de overheid en is daardoor onzeker.

**Ad D).** Meer **zon op daken en infra** (dat kan op plekken waar nog wel ruimte op het net is). Realisatie zon in illustratief voorbeeld in 2030 is **32 TWh 5 TWh** extra (totaal 37 TWh) wordt ook door de Werkgroep Extra Opgave als haalbaar gezien en past binnen het RES aanbod.

Dit is zonder meer realistischer, waarbij meer zon op grote daken en niet in weilanden maatschappelijke kosten door woningwaardeverlies vermijdt. Dit waardeverlies door zonneweiden op land is te bepalen op basis van Dröes en Koster 2021. Een additioneel haalbaarheidsonderzoek naar een verhoging van de zon doelstelling van 32 tot 37 TWh moet deze optie op haalbaarheid

verifiëren. Op 18 november 2022 gaf de branche organisatie Holland Solar aan dat 55 TWh zon in 2030 haalbaar is.

**Tabel 2.7 Haalbaarheid productie zonne-energie in 2030**

2030 (in TWh)	PBL	Holland Solar
Kleinschalig zon (op woningen)	7	14
Grootschalig zon (daken, land en water)	18	38
<b>Totaal</b>	<b>25</b>	<b>52</b>

Bron: <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i28406/holland-solar-2-miljard-kuub-minder-gas-nodig-in-2025-bij-uitrol-extra-zonnepanelen>

**Ad E) Meer import van waterstof.** Door nu te investeren in projecten in het buitenland, waar betere condities gelden, kan deze waterstofproductie capaciteit op tijd gereed zijn. Deels inzetten op import kan ook de havens in Rotterdam en Amsterdam ondersteunen om belangrijke import en verwerkingshavens voor waterstof te worden. De import potentie zoals genoemd in het rapport van de Werkgroep Extra Opgave is 23-58 TWh. Realisatie in illustratief pakket in 2030 is 5 TWh. Binnen beleidsdocumenten wordt uitgegaan van minimaal 50 % import. Dat zou 19 TWh zijn bij een behoefte van 39 TWh. Dat valt ruim binnen de in het rapport genoemde minimale potentie.

Dit is een belangrijke post. Meer import van waterstof is zeker mogelijk, en vanuit economisch perspectief zelfs wenselijk. Internationale handel is voordelig, omdat dan gebruik wordt gemaakt van comparatief voordeel. Productie vindt daar plaats waar de natuurlijke voordelen het gunstigst zijn. Gebruik maken van deze voordelen is gunstig, omdat het alternatief, zelf produceren in plaats van inkopen, duurder is. Ook het TNO (2022A, p30) noemt waterstofimport nadrukkelijk als oplossingsrichting voor het tekort:

*Alternatief zou via import ook invulling kunnen worden gegeven aan de geschetste groei van groene waterstofvraag. De nationale elektriciteitsbehoefte kan dan in geval van het reductiedoel van 49% met 8 TWh teruggebracht worden, terwijl dat het in geval van het reductiedoel van 55% om 21 TWh zou gaan en in geval van 55% + RED III zelfs om 39 TWh lagere elektriciteitsvraag. Daarmee wordt in alle gevallen bijna het volledige tekort vermeden. Volgens de huidige inzichten is een iets beperktere – maar nog steeds omvangrijke - import vanaf 2025 mogelijk haalbaar met een verwacht volume van minimaal 0,2 Mton (i.e. 11 TWh aan elektriciteit) en groei naar 0,4 Mton (23 TWh aan elektriciteit) in 2030 (CE Delft & TNO, 2022).*

Het niet benutten van importmogelijkheden heeft een effect dat vergelijkbaar is met een importtarief. Importtarieven beschermen doorgaans binnenlandse producenten tegen buitenlandse concurrenten, die tegen lagere kosten produceren. Een goedkoper buitenlands alternatief wordt ingeruild voor relatief duurdere binnenlandse productie. Het eindproduct wordt dan relatief duurder. Hoewel zonne-energie in Nederland rendabel is, is het evident dat Nederland geen comparatief voordeel heeft voor zon op land en de daarmee geproduceerde waterstof. Er zijn buitenlandse producenten die het nog goedkoper kunnen. Voor wind op zee ligt dat anders; daar heeft Nederland een comparatief voordeel. Voor de competitieve productie van waterstof is echter een combinatie van zowel goede wind- als zoncondities noodzakelijk omdat op deze manier de (dure) elektrolizers op vol vermogen kunnen functioneren.

De Werkgroep Extra Opgave heeft de mogelijke bijdrage van netto import van elektriciteit niet meegenomen (Alles uit de kast, p6). Het TNO rapport ziet deze potentie daarentegen als volgt:

*“Invulling van de elektriciteitsvraag boven de geraamde 165 TWh aan nationale elektriciteitsproductie is haalbaar met een verwachte importcapaciteit van 10 GW (i.e. jaarlijks tot 87,6 TWh), pag 30”*

Op deze optie kan tijdelijk worden teruggevallen indien de importketens voor waterstof niet op tijd op gang komen of de geplande windparken in 2030 nog niet operationeel zijn. Het gaat dan om een extra import van 5 TWh in het jaar 2030 tot dat de extra 4 GW wind op zee ter beschikking komt in 2031.

**Ad F) Door het verplaatsen van de energie intensieve industrie naar landen met goedkoper gas, groene waterstof of meer ruimte hoeft deze niet in Nederland te worden geproduceerd en drukt dit direct de nationale elektriciteitsvraag. Dat scheelt alleen al voor de **kunstmest productie** in 2030 naar schatting **12 TWh**.**

Onderdeel F is een economisch realistische optie, omdat dan van natuurlijke voordelen elders gebruik wordt gemaakt. Het is een tegengestelde uitkomst van handel in waterstof, groen gas, of groene elektriciteit: de energie kan naar de fabriek worden aangevoerd, maar de fabriek kan ook naar de locatie van de productie van groene energie worden verplaatst. In plaats van de waterstof wordt dan de kunstmest geïmporteerd. Dit lijkt economisch ongunstig, maar dat is schijnbaar. Dat zou het geval zijn als er een groot binnenlands aanbod van (groene) energie zou zijn. Het vraagstuk is dat de kosten van energie stijgen door het wegvallen van binnenlands aardgas, en nu ook door het wegvallen van relatief goedkoop gas uit Rusland. De basisprijs van aardgas, nu gevormd op de wereldmarkt, en voor belastingen, subsidies en BTW die de gebruiker betaalt, of juist niet in het geval van sommige eindverbruikers als aardgas een input is in het productieproces, is in Nederland hoe dan ook gestegen en per definitie duurder dan op de locatie van productie (VS, Qatar), waardoor een verplaatsing van een productielocatie zelfs te verwachten is zonder groene waterstof verplichting. Anders past de belastingbetaler het verschil tussen de prijs op de wereldmarkt en die waarvoor de productie nog rendabel is bij.

Kortom, de alternatieve invulling die NLVOW/Stichting Windalarm voorstelt is gebaseerd op plausibele aannames dan wel op conclusies uit TNO 2022(A) (het toekennen van de extra 18 TWh uit wind op zee in 2031 aan de “2030 doelstelling”). Het voorgestelde alternatief laat ruimte voor internationale handel in waterstof, waardoor beter gebruik wordt gemaakt van comparatief voordeel van landen voor productie van groene energie. Een volledige focus op binnenlandse productie is vanuit de handelstheorie economisch inefficiënt, omdat het principe van specialisatie wordt verlaten, welke de algehele concurrentie positie van Nederland zal aantasten. Tevens draagt zorgvuldige keuze van handelspartners bij aan risicospreiding.

## **Naar een MKBA**

Het alternatief van NLVOW/Stichting Windalarm is energetische, financieel-economische en maatschappelijke effecten gunstiger is dan het illustratieve pakket van de Werkgroep Extra Opgave in Alles uit de kast. Voor een politieke keuze is slechts één illustratief pakket ontoereikend, omdat de invulling zelf nadelig is, en efficiëntere en maatschappelijk effectievere pakketten buiten beschouwing zijn gelaten. De conclusie is dat er meer in de kast ligt. De oproep van NLVOW /

Windalarm om dit nader te onderzoeken vanuit het perspectief van het vermijden van de maatschappelijk minder wensbare opties ligt dan voor de hand. Een MKBA is voor dit geval een bruikbaar hulpmiddel om alle kosten en baten, juist ook de niet-financiële kosten en baten, overzichtelijk in beeld te brengen.

Daarvoor hoeft niet zozeer meer onderzoek te worden gedaan, omdat de delen ervan al bekend zijn, en hoogstens een actualisatie vergen. Deze kennis dient vooral algemeen benut te worden. Bijvoorbeeld, het KIVI 2020 heeft een ontwerp van het duurzame energiesysteem van 2050 opgesteld, en daarvoor de kennis van een groot aantal deskundigen samengebracht. Berenschot 2021 heeft iets soortgelijks in scenario's uitgewerkt. CE Delft en TNO hebben enige studies gedaan op het raakvlak van technologie en economie. TNO heeft tevens het effect van wind op land op woningwaarde onderzocht.

De crux van een MKBA is niet zozeer de kennis, maar het opstellen en afwegen van alternatieve varianten om tot het einddoel in 2050 te komen. De vorm van een MKBA is juist om dat in een open, en gezamenlijk proces van alle stakeholders te doen, waarbij alle partijen die het raakt en/of betrokken zijn bij de ontwikkeling van windenergie zijn, op gelijke wijze tot een gezamenlijk resultaat komen. Over uitgangspunten, gebruikte informatie en wetenschappelijke bronnen, en het opstellen van beleidsalternatieven, ontstaat een gemeenschappelijk beeld ('joint fact finding'), hetgeen de basis is van een gedragen en aanvaarde uitkomst.

## 2.5 Naar een 100 % duurzame energiesysteem in 2050

Het uiteindelijke doel van de energietransitie is een 100% duurzame energievoorziening in 2050. De Werkgroep Extra Opgave benadert dit vanuit het heden op een beperkt onderdeel van de gehele opgave, voor een beperkte termijn. Een andere benadering is om de gehele opgave te bezien in 2050, wat daarvoor nodig is en dat terug te vertalen naar het heden. Dat levert een breder palet aan keuzemogelijkheden op om aan de partiële doelstelling van de Werkgroep Extra Opgave te voldoen. Volgens TNO is er een totale stroomvraag van 300-400 TWh (zie onder andere ook het rapport van de KIVI), komt er minimaal 70 GW vermogen wind op zee volgens de overheid en dat de potentie van zon op daken en infra zeer groot. Dit perspectief is eveneens door NLVOW/Stichting Windalarm in beeld gebracht.

Indien alleen de potentie wind en zon bij elkaar worden opgeteld op 3 delen wind 1 deel zon zetten (voor de 300 en 400 TWh scenario's) komen we tot het volgend overzicht om de vraag te matchen met een deel van het potentiële aanbod.

**Tabel 2.8 Overzicht matching vraag en aanbod elektriciteit 2050 (projectie NLVOW/Stichting Windalarm)**

	Potentie TWh	300 TWh vraag	400 TWh vraag	700 TWh vraag
<i>Opwekvorm</i>				
1 Wind op zee (70-150 GW)	343-735	202	277	343
2 Wind op land (bestaand/pijplijn)	23	23	23	23
3 Zon (dak huizen)	81	15	21	40
4 Zon (grote daken)	97	30	36	65
5 Zon (infrastructuur)	636	29	42	227
6 Zon in landschap (bestaand/ pijplijn)	1	1	1	1
<b>Totaal</b>	<b>1.181 – 1.573</b>	<b>300</b>	<b>400</b>	<b>700</b>

Bron: NLVOW/Stichting Windalarm

Met name de potentie zon hoeft hierbij maar voor een (zeer) klein deel benut te worden. Ook de potentie wind op zee is overigens veel groter dan hierboven vermeld daar ook in het scenario volledige energieneutraliteit (700 TWh) slechts 12,5 % van de Noordzee benut zal gaan worden voor windenergie. Duitsland en België willen meer dan 20 % van hun zee benutten. Daarnaast zijn er natuurlijk nog de bovengenoemde andere opwek opties dan zon en wind die bij elkaar ook nog eens 50-100 TWh kunnen opleveren.

De basis daarvoor is een studie van het KIVI (2020), Design of a Dutch carbon-free energy system. Hierin zijn de inzichten van ca 50 deskundigen samengebracht. In dit rapport is een basaal ontwerp gemaakt van het duurzame energiesysteem in 2050. Voor dat duurzame energiesysteem zijn de volgende uitgangspunten en randvoorwaarden geformuleerd:

- Het is geheel CO2 neutraal, zonder het gebruik van biomassa, synthetic gas, fossil fuels end geothermische warmte.
- Geen carbon capture & storage.
- Geen nucleaire energie en geen biomassa.
- Nederland is grotendeels zelfvoorzienend en het energiesysteem van 2050 vergt een kleine hoeveelheid netto import.
- De productie van kunststof schakelt over op plantaardige grondstoffen.
- Wind en zon zijn de belangrijkste alternatieve bronnen (85 procent van de vraag).
- Elektriciteit en de daarmee opgewekte waterstof zijn de energiedragers.
- Het systeem voorziet in backup vermogen (brandstofcellen op basis van waterstof), aanvullende energie bij lage buitentemperaturen.
- Batterijen vangen de variabiliteit van wind en zon binnen een etmaal op.
- Een zeer beperkte hoeveelheid wind op land en zonneweides om de kwaliteit van Nederlandse landschap in stand te houden.

In de uitwerking benadrukken de opstellers van het rapport de vraagreductie door elektrificatie. Daartoe leveren de volgende posten een aanzienlijke bijdrage:

- Elektrificatie van transport. Aandrijving van auto's op basis van elektriciteit vermijdt de energieverliezen die optreden bij de chemische omzetting van brandstof in voortbeweging door verbranding.
- Inzet van warmtepompen. Warmtepompen vergen circa 20-25% van de energie die nodig is voor verwarming in vergelijking met directe, chemische verbranding van aardgas of een andere brandstof.

- Raffinaderijen vergen geen energie meer voor het verhitten van ruwe aardolie.
- Isolatie van woningen.

Door met vraagreductie rekening te houden, alsmede met innovatie, komen de opstellers tot een vraag naar energie van 414 TWh. Dat is circa twee derde van het binnenlandse finale energieverbruik in 2019 (2338 petajoule = 648 TWh).

**Tabel 2.6** Overzicht van de energiemix naar bron in 2050

Renewable Energy Sources Mix	Power GW	Energy/year TWh.el	Contribution %	full load hours
1. PV	77	71	17%	920
2. Wind offshore	60	269	65%	4500
3. Wind onshore	6	14	3%	2500
4. Other renewables	2,5	20	5%	8000
5. Import electricity	(variable)	40	10%	
6. Import hydrogen		-		
<b>Total Primary Energy Demand</b>		<b>414</b>	<b>TWh</b>	

**Table 2.2:** The mix of renewable energy sources for the energyNL2050 system (Other renewables means energy sources we may expect coming decades, but yet in research phase)

Bron: KIVI, 2020

Dit is exclusief de energie voor internationaal transport; dan kan erop gewezen worden dat de internationale scheepvaart van en naar Nederland voor transport van aardolie zal verdwijnen. Dan gaat het om ruwweg de helft van de internationale scheepvaart en dito verbruik van stookolie. De opstellers schatten de vraag naar duurzame energie voor internationaal transport op 148 TWh waterstof (3,8 miljoen ton waterstof). Het grootste deel van deze vraag voor internationaal transport zou geïmporteerd kunnen worden waarbij intercontinentale schepen gewoon hun synthetische brandstof kunnen bunkeren in de toekomstige waterstof productie landen.

De auteurs schenken tevens aandacht aan de uitvoering van dit duurzame energiesysteem in 2050. Voor zover dit de positionering van wind op zee en land betreft, komt het KIVI 2020 tot het volgende uitgangspunt (KIVI, 2020, p18):

*What also must be taken into account is that the landscape in the Netherlands should not be disturbed too much by the installation of large amounts of PV or wind turbines. That is why we have kept the amount of wind turbines on land to a minimum. Also we want to limit the amount of solar parks as much as possible and assume that the available area on roof tops will be sufficient to supply the main amount of needed solar energy. In this way we arrived at 77 GW of PV power.*

In de projectie van het KIVI 2020 is de verhouding wind op zee en op land 10:1. Voor de realisatie van 60 GW wind op zee in de exclusieve economische zone is 16% van de beschikbare ruimte nodig. Voor de realisatie van 77 GW vermogen uit zon op dak is 65% van de beschikbare dakoppervlakte nodig. Dit zal hoofdzakelijk in stedelijk gebied, dichtbij de levering aan gebruikers, zijn. Tegelijk heeft de KIVI 2022 zich strikte beperkingen opgelegd, namelijk het minimaliseren van import, een focus op wind en zon als bronnen, en het uitsluiten van alternatieve bronnen die CO2 neutraal zijn, namelijk



nucleaire energie, groen gas (afvalstromen van biologische oorsprong door vergisting of door superkritisch water) en geothermie (108 TWh).

Er zijn op basis van dit materiaal twee conclusies te trekken die relevant zijn voor NLVOW/Stichting Windalarm:

1 Er is in de projectie van KIVI 2020 ruimschoots duurzame energie uit wind op zee (269 TWh) en zonne-energie op land (71 TWh uit zon op dak) beschikbaar waarbij er potentiële productiecapaciteit overblijft, en het uitgangspunt is gehanteerd de netto import van duurzame energie te minimaliseren.

2 Er zijn daardoor keuzes te maken, omdat voor de bovenstaande projectie geen gebruik wordt gemaakt van de volledige productie capaciteit van wind op zee en zon op dak en van aanvullende duurzame CO2 neutrale bronnen, en eventuele import van duurzame energie, hoofdzakelijk in de vorm van waterstof.

Kortom, de studie van het KIVI 2020 geeft aan dat het aanbod van duurzame energie in potentie de vraag overtreft. De projectie van de KIVI 2020 is gebaseerd op fundamentele principes, namelijk innovatie, en de vraagreductie door de overgang van een chemisch verbrandingsproces naar een op elektriciteit gebaseerd energiesysteem. Daarnaast zijn er beperkingen qua inzet van alternatieve bronnen en is het uitgangspunt van minimalisatie van import enerzijds geopolitiek voordelig en worden transportkosten vermeden door energieintensief transport, maar anderzijds worden handelsvoordelen niet benut. De conclusie van NLVOW/Stichting Windalarm heeft bij elkaar een robuust fundament.

### 3 Conclusie

Deze second opinion voor NLVOW/Stichting Windalarm op de studie 'Wind op zee, zon op dak' geeft antwoord op de volgende vragen:

#### **1. in hoeverre zijn de berekeningen en de cijfers in het rapport 'Het kan met gemak wind op zee en zon op dak' juist?**

De berekeningen die in het rapport zijn gepresenteerd zijn juist en van bronnen voorzien. Alle bronnen zijn aantrekbaar en herhaalbaar gebleken. In het overzicht zijn de voor- en nadelen van wind op zee versus wind op land helder gepresenteerd. Het onderdeel woningwaardeverlies als gevolg van wind op land is zeer waarschijnlijk hoger, omdat met woningnieuwbouw geen rekening is gehouden. Voorts zou de post gezondheidsschade meegenomen dienen te worden. Deze twee posten verhogen de maatschappelijke kosten van wind op land versus wind op zee aanzienlijk.

#### **2. in hoeverre zijn de conclusies die in dat rapport worden getrokken juist en volledig?**

De conclusies die worden getrokken zijn over de gehele linie juist en volledig. Het rapport maakt duidelijk dat het illustratieve pakket van de Werkgroep Extra Opgave in 'Alles uit de kast' (2022) substantiële nadelen heeft. Het ontbreken van alternatieve invullingen voor de doelstelling van 41 TWh extra is het grootste manco van het rapport 'Alles uit de kast'. Daardoor blijven energetische, financieel-economische en maatschappelijk efficiëntere en effectievere maatregelen buiten beeld voor beleidsmakers. Er blijkt meer in de kast te liggen. Een illustratief pakket aan maatregelen is onvoldoende basis voor een verantwoorde beleidskeuze. Het alternatief van NLVOW/Stichting Windalarm voor het illustratieve pakket is energetisch, financiële (investerings en exploitatie), en maatschappelijk gunstiger.

Wind op zee is energetisch gunstiger dan wind op land: het waait er harder, vaker en stabiel, zodat er meer vollasturen zijn. De opbrengst van wind op land hangt bovendien samen die van met zon op land. Meteorologische verschillen boven land en zee (inkomende zonnestraling wordt boven zee door water gebaseerd, en boven land door lucht) leiden ertoe dat het boven land juist harder waait als ook de zon schijnt, met name in de zomer. Daardoor vergt wind op land meer extra regelbaar vermogen, daardoor tot hogere kosten, en zolang er geen CO2 emissie vrij regelbaar vermogen is, indirect tot extra CO2 uitstoot. Wind op zee is om deze twee redenen te verkiezen boven wind op land.

Het beschikbaar komen van 18 TWh op zee in 2031 (zie het rapport van TNO 2022B, p24) en deze hoeveelheid in beschouwing te nemen leidt tot een geheel andere invulling van de doelstelling van 41 TWh extra in 2030 dat de Werkgroep Extra Opgave in het illustratieve pakket (Alles uit de kast, 2022) voorstelt. Het in beschouwing nemen van innovatie en een nadrukkelijker rol internationale handel in waterstof zoals NLVOW/Stichting Windalarm aangeven, zijn economisch correct. Het natuurlijke tempo van innovatie treedt ook op in de technologie voor duurzame energie. Internationale handel is vanuit economisch perspectief een sine qua non voor de markt voor groene energie. Tijdelijke netto import van groene energie, kan het gat van 5 TWh opvangen welk ontstaat door het was in 2031 beschikbaar komen van 18 TWh extra wind op land.

### **3. Hoe zouden andere oplossingsrichtingen voor de energievraag in 2030 buiten het illustratieve pakket aanbod geïdentificeerd kunnen worden?**

Deze zouden gevonden kunnen worden door het beschikbare materiaal, in het bijzonder vanuit beide TNO studies uit 2022 over de extra opgave elektriciteitsvraag in 2030 en de maatschappelijk-economische effecten van extra windturbines op land, en deze, in combinatie met de voorstellen die NLVOW/Stichting Windalarm, in beleidsalternatieven te vertalen. Deze beleidsalternatieven dienen dan door middel van een maatschappelijke kostenbaten analyse gewogen te worden. Alleen dan komen energetische, financiële (investeringen en exploitatie), en maatschappelijke effecten (dalende woningwaarde en gezondheidsschade door wind op land) helder en evenwichtig in beeld. Het is namelijk gebleken dat er meer in de kast ligt.

## Literatuur

Berenschot (2021), Het Energiesysteem van de Toekomst Integrale Infrastructuurverkenning 2030 - 2050.

CE Delft (2020), Elektrificatie en toekomstig vraagprofiel – Rapport experttraject TenneT E-top’

CE Delft (2021), Elektrificatie en vraagprofiel. Delft: CE Delft

CE Delft & TNO. (2022). *50% green hydrogen for Dutch industry*. Delft: CE Delft.

Dröes, M. I., H.R.A. Koster (2021), Wind turbines, solar farms and house prices. In: Energy policy 155 (2921) 112327

Hers, S., S. Blom, B. de Wildt, R. Hernandez Serna (2022), Extra opgave elektriciteitsvoorziening 2030. Amsterdam: TNO(A)

KIVI (2020), Design of a Dutch carbon-free energy system.

Manshanden, W. en F. Reynès (2021), Trends in de internationale ontwikkeling van het energiegebruik. Rotterdam: NEO Observatory

Mulder, P., H. Boonman en R. Sterkenburg (2022), De verwachte impact van windturbines op huizenprijzen in Nederland. Een ruimtelijke analyse voor de periode 2020-2030. Den Haag: TNO (B)

NLVOW-Stichting Windalarm (2022), Het kan met gemak; wind op zee en zon op dak. Vóór een klimaatrechtvaardige energietransitie. Beter voor Nederland én het klimaat. Reflectie op het rapport “Alles uit de kast” van het voortgangsoverleg Klimaatakkoord aangaande extra opgave duurzame elektriciteitsopwekking 2030

Uitvoeringsoverleg Elektriciteit, Werkgroep Extra Opgave (2022), Alles uit de kast. Een verkenning naar de opgaven voor het Nederlandse elektriciteitssysteem van 2030

Weterings, R., et al (2013), Naar een toekomstbestendig energiesysteem voor Nederland. Delft/Utrecht/Petten: TNO/Copernicus Instituut/ECN

## Bijlage

**Tabel B.1 Energiebalans Nederland, aanbod en verbruik naar bron, drager en sector, 2019, petajoule**

	Totaal	Steenkool etc	Aardolie	Aardgas	Hernieuwbaar	Wind totaal	Wind op zee	Wind op land	Zon totaal	Zonnewarmte	Zonnestroom	Overig hernieuwbaar	Electriciteit	Warmte	Totaal overige energiedragers	Atoomenergie
Totaal aanbod (TPES)	3.045	269	1.113	1.342	234	41	29	13	21	1	19	172	3	0	85	38
Winning	1.411	0	68	1.002	261	41	29	13	21	1	19	199	0	0	79	38
Invoer	10.306	277	8.137	1.779	33	0	0	0	0	0	0	33	74	0	7	0
Uitvoer	7.942	2	6.378	1.430	60	0	0	0	0	0	0	60	70	0	2	0
Invoersaldo	2.364	275	1.759	349	-27	0	0	0	0	0	0	-27	3	0	6	0
Bunkering	645	0	642	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Voorraadmutatie	-85	-6	-72	-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Statistische verschillen	-5	0	-9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	-5	0	0	0
Totaal energieverbruik	3.050	269	1.121	1.333	234	41	29	13	21	1	19	172	8	0	85	38
Totaal saldo omzetting	471	232	27	571	189	41	29	13	19	0	19	128	-437	-194	84	38
Eigen verbruik	214	19	100	47	0	0	0	0	0	0	0	0	33	15	0	0
Verlies distributie	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	8	0	0
Totaal finaal verbruik	2.338	18	995	715	46	0	0	0	1	1	0	45	393	171	1	0
Totaal finaal verbruik	2.338	18	995	715	46	0	0	0	1	1	0	45	393	171	1	0
Industrieel	542	15	127	173	5	0	0	0	0	0	0	5	128	94	1	0
Mobiliteit binnenland	455	0	445	3	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
Dienstensector	279	0	10	115	8	0	0	0	0	0	0	8	132	14	0	0
Woningen	396	0	2	277	22	0	0	0	1	1	0	21	84	12	0	0
Landbouw	159	0	18	38	11	0	0	0	0	0	0	11	42	51	0	0
Visserij	6	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Niet-energetisch	498	3	384	111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Correctie	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bron: CBS/bewerking NEO Observatory

**Tabel B.2 Energiebalans Nederland, aanbod en verbruik naar bron, drager en sector, ontwikkeling 2010-2019, petajoule**

	Totaal	Steenkool etc	Aardolie	Aardgas	Hernieuwbaar	Wind totaal	Wind op zee	Wind op land	Zon totaal	Zonnewarmte	Zonnestroom	Overig hernieuwbaar	Electriciteit	Warmte	Totaal overige energiedragers	Atoomenergie
Totaal aanbod (TPES)	-427	-47	-144	-336	97	27	17	11	19	0	19	50	-7	0	9	0
Winning	-1.580	0	-7	-1.707	130	27	17	11	19	0	19	84	0	0	4	0
Invoer	1.158	-48	169	1.006	5	0	0	0	0	0	0	5	17	0	7	0
Uitvoer	-14	-2	283	-356	36	0	0	0	0	0	0	36	24	0	2	0
Invoersaldo	1.171	-45	-114	1.362	-31	0	0	0	0	0	0	-31	-7	0	6	0
Bunkering	-78	0	-81	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Voorraadmutatie	-97	-1	-105	11	-3	0	0	0	0	0	0	-3	0	0	0	0
Statistische verschillen	-3	0	-14	15	0	0	0	0	0	0	0	0	-3	0	0	0
Totaal energieverbruik	-425	-47	-130	-351	97	27	17	11	19	0	19	51	-4	0	9	0
Totaal saldo energieomzet	-71	-44	-37	-122	77	27	17	11	19	0	19	31	-8	51	12	0
Eigen verbruik	17	0	27	-4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	-9	0	0
Verlies distributie	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	4	0	0
Totaal finaal verbruik	-373	-3	-120	-225	20	0	0	0	0	0	0	19	4	-46	-3	0
Totaal finaal verbruik	-373	-3	-120	-225	20	0	0	0	0	0	0	19	4	-46	-3	0
Industrieel	-53	-2	-1	0	2	0	0	0	0	0	0	2	-14	-35	-2	0
Mobiliteit binnenland	-33	0	-36	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Dienstensector	-47	0	4	-50	6	0	0	0	0	0	0	6	-1	-5	-1	0
Woningen	-127	0	-1	-130	3	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0
Landbouw	-4	0	2	-26	9	0	0	0	0	0	0	9	17	-6	0	0
Visserij	-3	0	-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Niet-energetisch	-105	-1	-84	-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Correctie	-2	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bron: CBS/bewerking NEO Observatory