

Ruimtebeslag voor een klimaatneutraal 2050

Verslag van werkgroep ruimtelijke ordening binnen de Klankbordgroep Ingenieurs en Energietransitie van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs (KIVI I&E).

Auteurs: ing. A. Arnoldus, Ir. E.J. Bouvy, Dr.Ir. E. Gaxiola
Op persoonlijke titel

06 december 2024 versie 1.7

- **PEH geeft integraal overzicht van ruimtebeslag op land**
- **Is er ruimte genoeg voor duurzame plannen?**
- **Mogelijke ruimtewinst door innovaties**
- **Delta Plan in plaats van versnippering?**

1) Inleiding

Dit verslag is door de werkgroep KIVI I&E geschreven om het Programma Energiehoofdstructuur (PEH, zie hieronder) van commentaar te voorzien vanuit technische invalshoeken. Daarbij behoort dat de opstellers van het PEH (in casu de Staat der Nederlanden) te wijzen op de impact van de scenario's voor energietransitie van diezelfde overheid voor respectievelijk 2030, 2035 en 2050 op de ruimtelijke ordening van Nederland.

Het Nederlandse energieverbruik schommelt al jaren **tussen 3000 en 3500 PJ/jaar**. (Zie <https://www.clo.nl/indicatoren/nl005224-energieverbruik-per-sector-1990-2021>). Ook het PBL berekende in haar rapport: "Doelstellingen Klimaatbeleid" dat de Nederlandse energievraag in 2050 gelijk is aan circa **3.500 PJ/jaar**.
<https://energiepodium.nl/artikel/hoeveel-energie-heeft-nederland-in-2050-nodig>

De bovengenoemde 3.500 PJ/jaar betreft alle vormen van energiegebruik en zal naar verwachting weinig veranderen in de toekomst. Wel zullen er interne verschuivingen zijn, zoals van fossiel naar elektriciteit en van gas naar waterstof. De vraag is nu hoe deze verschuivingen de ruimte te geven die zij nodig hebben. Onderstaande geeft de zienswijze weer van KIVI I&E.

Programma Energiehoofdstructuur (PEH)

"ruimte voor een klimaatneutraal energiesysteem van nationaal belang"

Dit is de naam van het rapport dat is uitgebracht door het Centraal Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) in maart 2024. Het beschrijft in 100 pagina's de ruimtelijke ordening die nodig is om de energietransitie te laten plaats vinden. Het kan gevonden worden onder <https://open.overheid.nl/documenten/f7d12cc1-4f28-4596-b498-ee56077b3622/file>. Dit rapport is als bijlage bij de kamerbrief op 4 maart 2024 naar de Tweede Kamer gestuurd. Het geeft de inzichten weer van het Programma Energiehoofdstructuur (PEH)

Ruimtebeslag voor een klimaatneutraal 2050

Een handig overzicht staat op blz. 25 met een vergelijking in ruimte beslag van verschillende opwek- en transportsystemen.

2) Delta aanpak

Referentie PEH § 4.2 blz. 19

Generatie en transport van elektriciteit is in ons land verdeeld tussen de overheid en de regio's. Generatie (meestal fossiel) en transport boven 150 kV valt onder TENNET waarvan de aandelen in handen zijn van het Rijk. Er wordt de nadruk gelegd op inzet van flexibel vermogen om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen. Dit is noodzakelijk geworden, omdat de opwek van elektriciteit grotendeels weersafhankelijk gaat worden.

Lokale overheden gaan over (groene) opwek en elektrisch transport tot 150 kV. Hiertoe is Nederland opgedeeld in 30 regio's. Dit wordt organisatorisch geregeld in de **RESSen (Regionale Energie Strategieën)**. De opvatting van de werkgroep is dat in de RESSen geen aandacht besteed wordt aan mogelijke netcongestie, doordat een stuk coördinatie en overzicht ontbreekt. Verder moeten regels versoepeld worden voor netuitbreidingen en dient er een betere Europese afstemming te zijn.

Voorstel:

KIVI I&E streeft naar een Deltaplan zoals bij de opzet van de Delta werken. Bouw de organisatie van de RESSen zo snel mogelijk af.

De RESSen zijn buiten de democratische instituties om gebouwd en vallen daarom buiten die controle. De in deze 30 (!) RESSen genoemde ambities staan elk voor zich en worden niet aan actuele omgevingsveranderingen (en maatschappelijke onrust) aangepast. Verder ontbreekt het overzicht. Als één RES gebied met zijn programma de doelstellingen met een factor 4 heeft overschreden is dit voor andere RES gebieden geen reden om de doelstellingen daar naar rato terug te schroeven. Dit is een gevolg van de versnippering.

Bij een Delta plan is de uitvoering van het energieplan centraler geregeld. Daarmee zou naar een betere coördinatie van de RESSen gestreefd worden.

3) Ruimtebeslag:

Referentie PEH blz. 25

Hoeveel elektriciteit dat gegenereerd kan worden op een oppervlak van, bijvoorbeeld, de stad Utrecht (9900 ha) en hoeveel ruimte is nodig voor een productie van, bijvoorbeeld 1500MW?

	Nominaal MW/ha	Vollasturen/ jaar uur/jaar	Nodig voor 1500MW ha**	Opbrengst van 9900 ha MW	
Wind op land	0,12	3237*	12500	1188	
Zon op land	0,5	854*	3000	4950	

Ruimtebeslag voor een klimaatneutraal 2050

Kerncentrale	110	7880	14	1.089.000	
Gascentrale	215	7880	7	2.128.500	

N.B. het aantal vollasturen per jaar bij 100% beschikbaarheid is: 8760 uur.

* voetnoot nr. 88 in Klimaatakkoord 2019

**SI-eenheden 1 km² = 100ha

Conclusie KIVI I&E: het is eigenlijk onnodig om in Nederland nog steeds onderzoek te doen op welke locaties nog meer wind op land zouden kunnen komen.

NB. het doel voor wind op land uit de klimaatwet 2019 (i.e. 6000 MW) is in 2023 reeds behaald.

4) Ruimtebeslag geëxtrapoleerd (zie blz25 rapport PEH):

HET JAAR 2030

- a) De plannen voor 2030 omgezet uit het klimaatakkoord uit op **88.117 hectare** 2019 het benodigde oppervlak komen uit. **Dat is ongeveer een derde van de Provincie Drenthe. Zie bijlage 1**

HET JAAR 2035

- b) De plannen voor 2035 door TENNET geformuleerd komen uit op een benodigd oppervlak van **177.320 ha**. **Dat komt overeen met de oppervlakte van de Provincie Zeeland excl. het wateroppervlak. Zie bijlage 2**

HET JAAR 2050

- c) De plannen voor 2050 komen volgens het KIVI jaarcongres 2024 (voordracht door Drs. Lennert Goemans, projectdirecteur kernenergie min EZK.) uit op een benodigd oppervlak van **227.761 ha**. **Overeenkomend in grootteorde van de Provincie Drenthe**. Hier is een deel kernenergie bij betrokken. Hebben we die ruimte wel? Zie *bijlage 3*

Commentaar KIVI I&E: de **conclusie** van de uitkomsten van bovenvermelde berekeningen zouden qua ruimtelijke ordening problemen kunnen opleveren met de inpassing van de doelstellingen op het gebied van energietransitie in Nederland.

Aanbevelingen (KIVI I&E) betreffend het ruimtebeslag

1. Verklein met name het ruimtebeslag van grote batterijpakketten, elektrolyse en waterstofopslag door innovatie en ondersteuning van Start-Ups,
2. Gebruik hetzelfde grondoppervlak voor meerder toepassingen, zoals zonnepanelen op daken van fabrieksgebouwen en boven parkeerplaatsen,
3. Installeer meer zonnenvelden op zee dan geraamd in bijlage 3 (blz 9),
4. Leg meer accent op import van groene waterstof (of ammoniak) uit andere landen,
5. Leg meer accent op systeembenadering van energietransitie (Delta Plan). Door afstemming binnen regio's kan ruimte beter benut worden
6. Tref voorbereidingen voor 4 ipv 2 kerncentrales van ca. 1500MW ivm gering ruimtebeslag,

Ruimtebeslag voor een klimaatneutraal 2050

7. Onderzoek ruimtelijk de toepassing van kleine modulaire kerncentrales (Small Modular Reactor = SMR) in de provincies,
8. Onderzoek inpoldering Markerwaard, bij inrichting als bij Flevopolder, kunnen daar heel veel windturbines op land verrijzen. Vergelijkend met de huidige opbrengst van windenergie in de Flevopolder zou dit in eerste benadering een potentieel van 250 windturbines geven die een opbrengst van 810 TWh kunnen opleveren.

5) Elektriciteitscentrales

Referentie PEH hoofdstuk 8, blz. 46

Een goed punt in dit hoofdstuk is de benoeming van basislast en regelbaar vermogen waarvoor elektriciteitscentrales nodig blijven. Verder wordt betoogd dat bestaande vestigingsplaatsen (van fossiele centrales) beschikbaar blijven voor centrales van minimaal 500MW omdat de infrastructuur al aanwezig is; bijvoorbeeld de hoogspanningsaansluiting, de schakelstations en de koelwaterfaciliteiten. Er wordt verwezen naar CO₂ vrije centrales. De transitie naar klimaatneutraal wordt geleidelijk ingezet. Uit ruimtelijk beleid is het uiterst zinvol om de ruimtes van bestaande centrales te reserveren voor plaatsvervangers!

Commentaar KIVI I&E: bovenstaande wordt als een zeer nuttige invalshoek gezien. Waar geen specificatie voor wordt gegeven, is waarom de nieuwste conventionele bestaande centrales niet gewoon kunnen blijven functioneren als uiterste opvang bij langdurige windstilte en uitblijven van zonlicht ('Dunkelflaute'). Deze zullen dan heel weinig bedrijfsuren maken en dus weinig steenkool of aardgas verbruiken. Verder blijft onduidelijk welke innoverende aspecten die nieuwe piekcentrales en basislast centrales inbrengen.

In het geval dat kerncentrales als basislast worden ingezet, zouden electrolyzers als regelvermogen kunnen dienen. Die zouden dan snel moeten kunnen op- en afregelen als te weinig of te veel elektriciteit opgewekt wordt. Het ontwikkelen hiervan zou een innovatie zijn, die gestimuleerd zou moeten worden. Dit zou een belangrijke bouwsteen voor de stabiliteit van het elektriciteitsnet kunnen vormen. De waterstof die geproduceerd wordt, kan gebruikt of opgeslagen worden.

6) Kerncentrales

Referentie PEH par 8.2

Er wordt uitgegaan van 2 nieuwe kerncentrales met totaal 3.000MW vermogen. Met een beschikbaarheid (bedrijfstijd) van 90% = 7880 uur wordt 24TWh aan elektriciteit per jaar geproduceerd.

Over de vestigingslocaties wordt nog onderzoek gepleegd. De waarborglocaties voor kernenergie zijn weergegeven in figuur 9 op blz 50.

Afhankelijkheid van buitenlandse leveranciers is een discussiepunt.

Kerncentrales kunnen zorgen voor een constante basisopwekking, die de hoognodige stabiliteit van het net verhoogt. Ze combineren een hoge bedrijfstijd aan een hoge

Ruimtebeslag voor een klimaatneutraal 2050

beschikbaarheid. Een aanvullend argument is (zoals eerder aangestipt) dat grote synchrone generatoren de sinusvorm in stand houden. Daar tegenover hoge investeringskosten, (en lange bouw tijden), maar lange levensduur.

Kerncentrales kunnen zorgen voor een constante basisopwekking, die de hoognodige stabiliteit van het net verhoogt. Hoge bedrijfstijd en beschikbaarheid en zoals eerder aangestipt, grote synchrone generatoren die de sinusvorm in stand houden. Daar tegenover hoge investeringskosten, (en lange bouw tijden), maar lange levensduur.

Lokaal zouden Small Modular Reactors (SMR's), dit zijn relatief kleine modulair opgebouwde kerncentrales, kunnen worden geïnstalleerd. Naar verwachting komen die tussen 2035 en 2040 beschikbaar. Onderzoek naar SMR's wordt ondersteund.

7) Grootschalige (systeem) Batterijen

Referentie PEH blz 51

Het Rijk richt zich op grootschalige batterijen (boven de 100 MW "vermogen"; in het rapport als scheidslijn gebruikt, normaliter wordt voor energieopslag bij batterijen kWh "energie" gehanteerd). Batterijen kunnen schommelingen in elektriciteitslevering – en/of -vraag opvangen voor korte duur.

Grootschalige batterijen die door TENNET bij schakelstations worden geplaatst kunnen ook de netcongestie verhogen, omdat ze ook een netaansluiting vereisen.

Er wordt nog gestudeerd om slimme locaties uit te kiezen voor de plaatsing van batterijen.

Tussen de regels door lezen wij dat Provincies de locaties van batterijen kleiner dan 100MW moeten gaan bepalen en inpassen in de ruimtelijke ordening.

Commentaar KIVI I&E: de technici hebben al lange tijd zien aankomen dat batterijopslag (buffering) ivm de grilligheid van de weersomstandigheden absoluut noodzakelijk is. Het Rijk komt wel heel laat met dat besef en moet nu nog plannen maken!

Het is van belang te beseffen dat batterijen alleen geschikt zijn voor korte termijn opslag.

Er ontbreekt een scherpe afbakening tussen korte- en lange termijn opslag.

Lange termijn opslag van elektriciteit is absoluut noodzakelijk om elektriciteitsoverschot tijdens de zomermaanden in de winter te gebruiken en bij "Dunkelflaute". (=gelijktijdig optreden van duisternis en windstilte)

Dit zou dmv omzetting naar waterstof en opslag in cavernes kunnen gebeuren.

8) Grootschalige electrolyse

Referentie PEH hoofdstuk 10, blz 53

Er wordt onderkend dat grootschalig gebruik van waterstof onmisbaar is voor de energietransitie. Er worden locaties aangewezen waar die omzettingsfabrieken zouden moeten komen, in de buurt van aanlandlocaties van offshore windenergie en met name genoemde industriële gebieden.

Ruimtebeslag voor een klimaatneutraal 2050

Hier wordt ook vermeld dat elektrolyzers het net kunnen helpen balanceren. Als er te veel elektriciteit wordt opgewekt kan dit in waterstof worden omgezet en opgeslagen. Het streven is 4.000 tot 8.000 MW aan elektrolyzers in 2030 tot 45.000 MW in 2050.

Waterstof wordt voornamelijk gezien als grondstof voor de industrie.

Commentaar KIVI I&E: wij onderschrijven dat de juiste inzet van elektrolyzers kunnen helpen het net te balanceren. Waterstof zou ook voor verwarming van woningbouw kunnen worden toegepast voor moeilijk te isoleren woningen, zoals rijksmonumenten in de Nederlandse binnensteden. Netwerkbedrijven en TU Delft (Green Village) experimenteren met verwarming dmv waterstof.

In de kaart op blz 3 zijn voorkeursgebieden aan de kust ingetekend ten behoeve van grootschalige elektrolyzers.

Ruimtebeslag voor een klimaatneutraal 2050

BIJLAGE 1

Randvoorwaarden:

Voor tracés voor hoogspanningsverbindingen en corridors voor buisleidingen is geen ruimtebeslag in acht genomen. Dit geldt mede voor opslagcapaciteit voor waterstof. Voor windenergie is uitgegaan van het bruto ruimtebeslag.

HET JAAR 2030

Ruimtebeslag geëxtrapoleerd (ad PEH blz 25)

Batterij opslag

Engie maakt bekend dat in het Hoogspanningsknooppunt Lelystad een accubatterij van 35 MW wordt geïnstalleerd. Dit vergt 1 ha aan oppervlakte excl. ruimte voor extra schakelmateriaal en bedieningsruimte.

TENNET maakt melding van aanvragen voor additioneel 68.000 MW aan batterijen gekoppeld aan het hoogspanningsnet. Dit zou een additioneel ruimtebeslag (landelijke) van **1945 ha vergen**. Dit is meer dan de oppervlakte van de Gemeente Bilthoven.

Bron: Algemeen Dagblad van 24 maart 2024.

Zon op land; wind op land

Referentie Klimaatakkoord 2019:

in 2030 35 TWh duurzaam E op land (>15 kW; dus excl. zon op daken)

Verwijzing (in voetnoot) naar NEV 2017:

- Wind op land 49,5% energielevering = 5344 MW komt op **44.533 ha** bruto landoppervlak
- Zon pv op land 50,5% van energielevering = 20609 MW komt op landoppervlak tussen 12.880 ha en **41. 218 ha**

Randvoorwaarden wind op land vollasturen per jaar: 3237 uur

Zon op land heeft vollasturen per jaar: 854 uur

Electrolyse naar waterstof

- Elektrolyzers in klimaatakkoord: 4.600 MW. 100MW/ ha
Ruimte beslag **46 ha**

Elektriciteitshuisjes

Er moeten nog 50.000 elektriciteitshuisjes in woonwijken komen.

Elk E huisje heeft oppervlakte van 15 m². Totaal oppervlak is 0,75 km² = **75 ha**.

- TENNET hoogspanningsstations (HS) **300 ha**

Bronnen: TENNET netuitbreiding en Ontwerp investeringsplan net op land 2020-2029

Ruimtebeslag voor een klimaatneutraal 2050

TOTAAL komt op 88.117 ha (excl. Schakelstations en HS verbindingen). Dat is ongeveer een derde van de Provincie Drenthe.

Samenvatting

Batterijopslag	opp <u>1945 ha</u>
Wind en Zon op land (maximaal)	opp 44.533 ha
Zon op land (maximaal)	opp 41.218 ha
Elektrolyzers	opp 46 ha
Elektriciteitshuisjes	opp 75 ha
TENNET hoogspanningestations	opp 300 ha
TOTAAL (grootste ruimtebeslag)	opp 88.117 ha

Dit komt ongeveer qua oppervlakte overeen met een derde van de Provincie Drenthe.

Ruimtebeslag voor een klimaatneutraal 2050

BJLAGE 2

HET JAAR 2035

ruimtebeslag geëxtrapoleerd (ad PEH blz25)

Referentie: TENNET IP2024 (www.TENNET-drupal.S3.eu-centrale.amazonaws.com)

“Ontwerp investeringsplan Net op Land 2024-2033”

We nemen het ambitieuste plan in dit overzicht namelijk ND = Nationale Drijfveren: het Rijk streeft naar hoge mate van zelfvoorzienigheid.

- Wind op land 12700 MW; 0,12 MW/ha → 105.830 ha
- Zonneweides 33900 MW; 0,5 MW/ha → 67.800 ha
(worst case)

Totaal	opp	173.630 ha
---------------	------------	-------------------

- Elektrolyzers 6.000 MW (100 MW/ ha) **opp. 60 ha**
- Batterijen 13.500 MW (35MW/ ha) **opp. 286 ha**
- TENNET nieuwbouw HS stations (15x elk 20 ha) **opp. 300 ha**
(zeer conservatieve inschatting)
- Elektriciteitshuisjes. (50.000 stuks) **opp. 75 ha**

Dit geeft een totale inschatting voor 2035 van	174.350 ha.
---	--------------------

Dit komt overeen met de oppervlakte van de Provincie Zeeland exclusief het wateroppervlak.

Ruimtebeslag voor een klimaatneutraal 2050

BIJLAGE 3

HET JAAR 2050

RUIMTEBESLAG geëxtrapoleerd (ad PEH blz25)

Referentie: presentatie tijdens het KIVI jaarcongres 2024 door
Drs. Lernet Goemans, projectdirecteur kernenergie ministerie van Economische
Zaken en Klimaat.

Wind op land

180 PJ (*0,27778 TWh) = 50 TWh (3237 uur) = 15,45 GW

Komt overeen met **opp 128.750 ha**

Zon op land**

145 PJ(*0,27778 TWh) = 40,28TWh (854uur)= 47,16 GW

Komt overeen met **opp. 98.220 ha**

- Elektrolyzers 6.000 MW (100 MW/ ha) **opp. 60 ha**
- Batterijen 13.500 MW (35MW/ ha) **opp. 286 ha**
- TENNET nieuwbouw HS stations (15x elk 20 ha). **opp. 300 ha**
(zeer conservatieve inschatting)
- Elektriciteitshuisjes. (50.000 stuks) **opp. 75 ha**
- Kernenergie 202 PJ (*0,27778 TWh) = 56,1 TWh
94% beschikbaar = 8234 uur. =6,81 GW. **opp. 61,9 ha**

Dit geeft **een totale** inschatting voor het jaar 2050 van **227.753 ha**

Dit zal overeenkomen in grootteorde van de oppervlakte van de Provincie Drenthe.

**Goemans geeft op 151 PJ zon op land en op zee in 2050. Er is voor deze berekening *gekozen* voor 145PJ zon op land en 6PJ zon op zee.