

Nationaal Programma RES Regionale Energie Strategie



Inhoudsopgave

Proclaimer

De factsheet is opgesteld op basis van vragen uit de regio's over de inzet van technologieën voor de RES-opgaves. CE Delft heeft in opdracht van NP RES op basis van de voornaamste objectieve bronnen een overzicht gemaakt van criteria per technologie of bron. NP RES heeft samen met CE Delft afgewogen keuzes gemaakt in het brongebruik op basis van RES relevante criteria. Voor warmte zijn de factsheets van ECW leidend geweest. Waar aanvullende informatie benodigd was zijn andere bronnen geraadpleegd. Alle bronnen zijn vermeld. In de huidige versie van de NP RES factsheets 'Warmte' en 'Elektriciteit' zijn opslag, conversie en flexibiliteit van energie niet meegenomen. Hier wordt aandacht aan besteed in de factsheet '[Opslag](#)'. Informatie en beeldmateriaal mogen vrij geciteerd en gebruikt worden mits duidelijke bronverwijzing naar NP RES.

De factsheets zijn voorgelegd en afgestemd met Ministerie van Economische zaken, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, IPO, VNG, Unie van Waterschappen, NVDE en Netbeheerders. De factsheet is in juli 2023 geupdate en in lijn gebracht met het [RES begrippenkader](#).

1. Introductie	3	Verdieping Energiebronnen	9
2. Facts & Figures	4	Windenergie	10
3. Overzicht Energiebronnen	6	Zonne-energie	13
4. Inhoudelijke uitdagingen RES	8	Biomassa	16
		Kernenergie	18
		Waterkracht	20
		Waterstof	22
		Uitleg Criteria	24
		Begrippenlijst	25

1. Introductie

Het Nationaal Programma Regionale Energiestrategieën (NP RES) ondersteunt de 30 RES-regio's bij het maken van de RES'en. Deze factsheets hebben als doel om de RES-regio's objectieve informatie te verschaffen over de meest voorkomende energiebronnen waar in het RES-traject over wordt gesproken.

Deze factsheet over elektriciteit is onderdeel van een set van twee. Voor de factsheet over warmtebronnen, zie [de website](#). Beide factsheets hebben dezelfde indeling: allereerst gaan de factsheets in op de doelstelling van de RES en wordt de opgave toegelicht met een aantal voorbeelden. Vervolgens worden de verschillende energiebronnen voor elektriciteit of warmte met elkaar vergeleken. Per energiebron is tot slot een beknopte weergave opgenomen van de belangrijkste cijfers, kansen en aandachtspunten om deze beter te kunnen beoordelen.

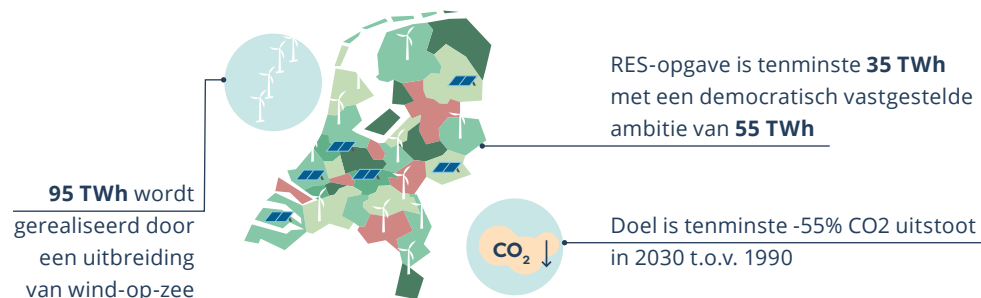
De informatie in deze factsheets is beknopt, en daarmee niet uitputtend. Per energiebron zijn links opgenomen naar rapporten en websites met meer informatie.

In het Klimaatakkoord is het doel opgenomen dat in 2030 de CO₂-uitstoot met 49% is afgenomen ten opzichte van de uitstoot in 1990. Om uiterlijk in 2050 klimaatneutraal te zijn, scherpte het

kabinet het doel voor 2030 aan tot tenminste 55% CO₂-reductie met een streven naar 60% reductie in 2030. Hiervoor is in april 2023 een aanvullend klimaatpakket gepresenteerd. Om aan de sterk gegroeide vraag naar hernieuwbare elektriciteit te voldoen is de ambitie voor de opwek uit wind op zee rond 2030 met een extra 46 TWh bijna verdubbeld tot 95 TWh.

Op land is het doel ten minste 35 TWh aan grootschalige hernieuwbare elektriciteitsproductie in 2030. De 30 regio's in Nederland hebben in hun democratisch vastgestelde Regionale Energiestrategie een ambitie vastgelegd van 55 TWh. Hiervan schatte PBL in de Monitor RES eind 2022 in, dat 31,3 TWh op dat moment werd ingevuld met al gerealiseerde en [geplande projecten](#). Bij de realisatie kunnen nog projecten wegvallen. In dezelfde monitor is de prognose voor 2030 35-46 TWh, met een middenwaarde van 41 TWh.

Grootschalige opwek is in het Klimaatakkoord gedefinieerd als projecten die in aanmerking komen voor Rijkssubsidie. Dit zijn projecten met een vermogen van meer dan 15 kW. Het is de bedoeling dat de vergunningen voor deze projecten uiterlijk op 1 januari 2025 zijn afgegeven. Zie voor meer informatie de website van het [NP RES](#).



Energiebronnen in deze factsheet

In deze factsheet kijken we naar de verschillende energiebronnen oplossingen voor hernieuwbare elektriciteit. Niet alle mogelijkheden dragen bij aan de doelstelling van ten minste 35 TWh, dit wordt in deze factsheet verder toegelicht.

[Windenergie](#)

[Zonne-energie](#)

[Biogrondstoffen voor elektriciteit](#)

[Kernenergie](#)

[Waterkracht](#)

[Waterstof](#)

Hoewel waterstof geen energiebron is, maar een energiedrager, wordt in het document naar al deze bronnen en dragers verwezen als energiebron.

Ten opzichte van de vorige versie van de factsheet is informatie toegevoegd over kleine windmolens en SMR's (modulaire kerncentrales). Voor energieopslag is een [aparte factsheet](#) beschikbaar.

2. Facts & Figures

Om een goed beeld te kunnen vormen van de mogelijke elektriciteitsbronnen geven wij allereerst beknopt uitleg over veel voorkomende energiegrootheden.

Eenheden

Als je het over energie hebt, dan heb je het al snel over eenheden: de manier waarop energie gemeten wordt. De internationale standaard eenheid (SI) voor energie is joule. Warmte wordt vaak uitgedrukt in joule (J), en elektriciteit vaak in kilowattuur (kWh). Grote hoeveelheden energie worden bijvoorbeeld uitgedrukt in megawattuur (MWh) of gigajoule (GJ). 1 MWh is een miljoen Wh (en 1000 kWh) en 1 GJ is een miljard J. Joules en kilowattuur kunnen makkelijk onderling worden omgerekend: 1 kWh is gelijk aan 3.600.000 J (oftewel 3,6 MJ).

Watt?

Watt (W) en wattuur (Wh) lijken op elkaar, maar zijn toch verschillend. Watt is het vermogen: dit is hoeveel energie een apparaat nodig heeft om te werken per tijdseenheid. Wattuur staat voor het verbruik of opwek: dit is hoeveel energie er is verbruikt of opgewekt gedurende een periode.

Hoeveel een apparaat verbruikt, hangt af van hoe lang het aan staat. Een elektrische kachel met een vermogen van 1 kW die een uur aan staat, heeft 1 kWh verbruikt.

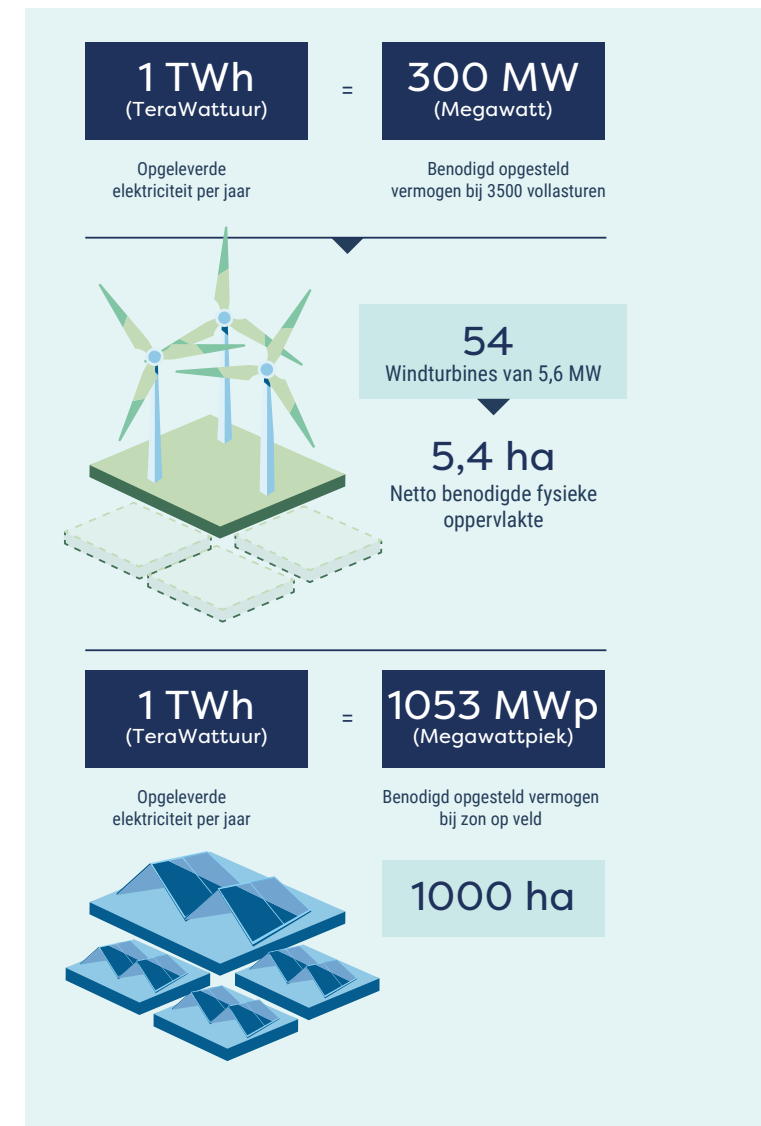
Een windmolen van 5 MW produceert bij goede wind elk uur 5 MWh.

Wat is 1 TWh

1 TWh staat gelijk aan een miljard kWh (kilowattuur) ofwel aan de opwek van 54 windmolens van 5,6 MW of 1000* hectare aan zonnepark. Het is ongeveer 1% van de jaarlijkse elektriciteitsvraag in Nederland.

Zie [hier](#) voor aanvullende informatie over veelvoorkomende termen en eenheden in deze factsheet.

*Betreft kengetal voor zon op veld met 950 vollasturen. Zon op dak rekent met 900 vollasturen per jaar.



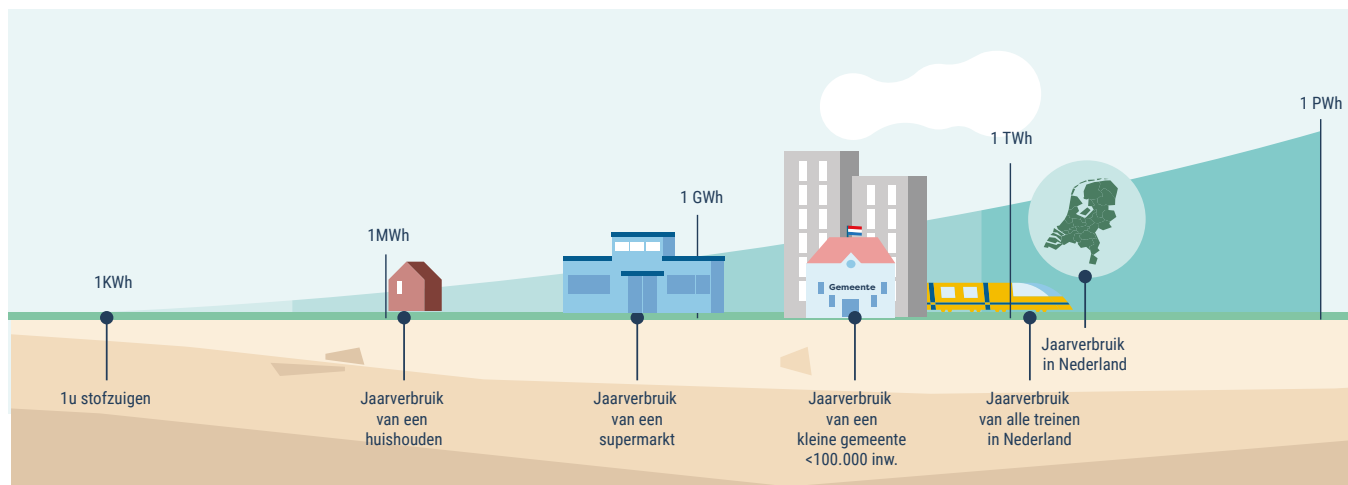
Hoeveel verbruikt een huishouden?

Om een beter beeld te krijgen bij de orde van grootte van 1 TWh, maken we een vergelijking met de jaarlijkse elektriciteitsbehoefte van een gemiddeld huishouden in Nederland. Het gemiddelde elektriciteitsgebruik per huishouden is 2.479 kWh per jaar.

1 TWh staat daarmee gelijk aan de elektriciteitsvraag van ongeveer 400 duizend huishoudens. Het elektriciteitsverbruik van huishoudens in Nederland is een stuk lager dan het warmteverbruik. Een gemiddeld Nederlands huishouden gebruikt jaarlijks 1.169 m³ aardgas voor verwarming en warm water. Omgerekend is dit 11.200 kWh per jaar.

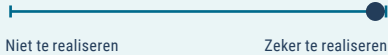
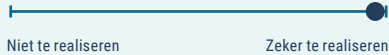
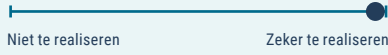
Stijgend elektriciteits-gebruik

Om te verduurzamen zal het aardgasverbruik van huishoudens en bedrijven vervangen moeten worden door duurzame warmtebronnen. Hiervoor zijn verschillende technieken beschikbaar waarvan een groot deel gebruik maakt van elektriciteit. Deze elektrificatie van de samenleving zal leiden tot een forse stijging van de vraag naar (duurzame) elektriciteit.



3. Overzicht Energiebronnen

Om de doelstellingen van de RES te halen, kunnen verschillende energiebronnen worden ingezet. Er zijn grote verschillen tussen deze bronnen. De tabel geeft een beknopt overzicht van een aantal criteria van de zes energiebronnen in deze factsheet. Deze tabel gaat uit van de huidige kennis en stand der techniek. Meer informatie per energiebron kunt u vanaf pagina 9 terugvinden.

	Windenergie	Zonne-energie	Biogrondstoffen voor elektriciteit
	Windmolen van 5,6 MW	Zonne-installatie op land of grote daken, met een minimaal vermogen van 15 kWp	Back-up-centrale (100% biomassa)
Bijdrage aan doelstelling RES	Ja	Ja	Nee
Bijdrage aan CO ₂ -reductie 2050	Ja	Ja	Ja
Maatschappelijke Aandachtspunten	Landschapsgebruik, zichtbaarheid, overlast door geluid en slagschaduw	Landschapsgebruik, zichtbaarheid Extra kosten voor infrastructuur	Duurzaamheid biomassa, beschikbaarheid, luchtkwaliteit
Technische realisatie voor 2030	 Niet te realiseren Zeker te realiseren	 Niet te realiseren Zeker te realiseren	 Niet te realiseren Zeker te realiseren Technische haarcbaarheid is 100%, maar een back-up centrale op biomassa is in 2030 wellicht nog niet nodig.
Doorlooptijd projectontwikkeling	Gemiddeld 5,5 jaar	2 tot 3 jaar	2 tot 3 jaar
Kosten (€/MWh)	40-65 (SDE, dus over een looptijd van 15 jaar ipv de levensduur van een turbine die ca. 25 jaar bedraagt. De werkelijke kosten zijn dus lager.)	52-70	57-190
Ruimtelijke impact	Er is circa 450 ha nodig voor een windmolenpark van 10 molens van elk 5,6 MW (totaal 56 MW). Dit gaat om de bruto contour van het park. Het netto ruimtebeslag van de voet van 10 molens is ca. 1 ha. De ruimte tussen de molens kan gebruikt worden voor andere doeleinden.	Voor 1 MWp zon op veld is circa 0,95 ha nodig	Er is circa 6 ha nodig voor een centrale van 900 MW
Mogelijkheid tot meervoudig ruimtegebruik	Ja, onder meer landbouw, veeteelt, zonne-energie, wegen en zelfs bos.	Ja, vele mogelijkheden op daken en gevels van gebouwen en ook op objecten of boven parkeerplaatsen en langs infrastructuur. Ook mogelijkheden met kleinvee, natuur, waterberging, windenergie, biomassateelt	Nee

	Kernenergie	Waterkracht	Waterstof
	Splijtingsreactor	Waterkracht bij bestaande stuwen in rivieren en beken	Gasturbine op waterstof. NB: Waterstof is geen energiebron, maar een energiedrager.
Bijdrage aan doelstelling RES	Nee	Nee	Nee
Bijdrage aan CO ₂ -reductie 2050	Ja	Ja	Ja
Maatschappelijke Aandachtspunten	Veiligheid, afvalproblematiek	Ecologische effecten, kansrijkheid, beperkt potentieel	Beschikbaarheid, toekomstig kostprijs
Technische realisatie voor 2030	<p>Niet te realiseren Zeker te realiseren Niet mogelijk: bouwtijd >10 jaar</p>	<p>Niet te realiseren Zeker te realiseren</p>	<p>Niet te realiseren Zeker te realiseren Technisch haalbaar, maar waterstof is in 2030 nog onvoldoende beschikbaar en te duur</p>
Doorlooptijd projectontwikkeling	13 jaar	2 tot 5 jaar	2 tot 3 jaar
Kosten (€/MWh)	90	80-210	Onbekend
Ruimtelijke impact	Er is circa 6 ha nodig voor een centrale van 1650 MW	Waterkracht bij bestaande stuwen kost geen extra ruimte	Er is circa 6 ha nodig voor een centrale van 900 MW
Mogelijkheid tot meervoudig ruimtegebruik	Nee	Bij bestaande stuw vindt dit al plaats	Nee

4. Inhoudelijke uitdagingen RES

De RES-regio's zijn hard aan de slag met het realiseren van duurzame opwek projecten op land om zo invulling te geven aan het vastgestelde RES bod. Het is logisch dat we in deze uitvoeringsfase verschillende uitdagingen met elkaar tegenkomen. De belangrijkste twee die het NP RES op dit moment ziet zijn:

1. Integrale afweging voor toegang en beschikbaarheid elektriciteit

De congestie op het elektriciteitsnet is een van de belangrijkste belemmeringen voor de realisatie van het RES-bod, terwijl het transport van duurzame elektriciteit een cruciale randvoorwaarde is voor duurzame ruimtelijke en economische ontwikkelingen. Gezien de beperkingen van het elektriciteitsnet is de toegang tot en beschikbaarheid van elektriciteit de komende jaren niet meer even vanzelfsprekend als vroeger. Om ervoor te zorgen dat de maatschappelijk gewenste ontwikkelingen doorgang kunnen blijven vinden, is een meer samenhangende aanpak en ontwerp van het regionale energiesysteem en vitale energieknooppunten nodig. De regio's kunnen hier o.a. op de volgende manieren aan bijdragen:

- Maatschappelijke keuzes over het energiesysteem in de regio worden gemaakt in het proces van integraal programmeren. De keuzes landen in een energievisie en in het provinciaal Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat (pMIEK). Provincies organiseren dit proces samen met gemeenten, netbeheerders en andere stakeholders. De energievisie geeft zicht op maatschappelijke opgaven, zoals woningbouw, bedrijvigheid, duurzame opwek, netwerk laadpalen etc. In de pMIEK staat welke investeringen voor uitbreiding van energie-infrastructuur (voor elektriciteit, duurzame gassen en warmte) het meest nodig zijn. Maar ook hoe deze keuzes worden opgenomen in investeringsplannen van netbeheer-

ders en in het ruimtelijk beleid van provincies en gemeenten. De RES-regio's hebben specifieke kennis over de opwek van duurzame elektriciteit en in sommige gevallen ook het bredere energiesysteem in de regio. Door mee te denken over het toekomstbeeld en de ontwerpprincipes voor het energiesysteem, kunnen RES-regio's actief bijdragen aan het prioriteren en faseren van energie-infrastructuur in hun regio en provincie.

- Het is belangrijk in dialoog te blijven met bedrijven, woningcorporaties en andere organisaties over hoe deze sectoren zich de komende jaren zullen ontwikkelen. Zo kan het meest accuraat ingeschat worden wat er aan energie-infrastructuur en duurzame opwek nodig is. De RES-regio's kunnen hieraan bijdragen door verbinding te leggen tussen de vraag en duurzame opwek in de regio en deze informatie in te brengen in het proces van integraal programmeren
- Door de krapte op het net is het nodig dat opwek van duurzame elektriciteit aansluit bij de elektriciteitsvraag. Recent is aangekondigd dat er beleid komt over energiedelen. Als dit werkelijkheid wordt, krijgt lokaal opgewekte elektriciteit meer waarde voor bedrijven en inwoners. Dit heeft invloed op de locatiekeuze voor grootschalige opwek van duurzame energie en op de waardering ervan in het prioriteren van energie-infrastructuur. Investerings in nieuwe infrastructuur voor slimme combinaties van opwek en/of vraag is maatschappelijk het meest wenselijk ('mono is uit'). Regio's kunnen hierbij helpen door zoekgebieden voor opwek van duurzame elektriciteit af te stemmen op een toekomstbestendig energiesysteem.

2. Besluitvorming over ruimtelijke inpassing

Plannen voor wind-, zon-, en infrastructuurprojecten kunnen pas worden gerealiseerd als besluitvorming over de ruimtelijke inpassing heeft plaatsgevonden. Meestal vindt die besluitvorming plaats in de vorm van een wijziging van het bestemmings-

of straks omgevingsplan, of omgevingsvergunning. Besluitvorming vindt in de regel niet plaats bij de RES-regio's, maar bij de decentrale overheden zelf. Bij de voorbereiding van die besluitvorming is het meer en meer van belang om de ruimteclaims van deze energieprojecten af te wegen ten opzichte van ruimteclaims van andere opgaven in de fysieke leefomgeving. Denk aan de woningbouwopgave, de landbouwtransitie, of het realiseren van extra waterberging. Dit vraagt om intensievere samenwerking van de medewerkers bij RES-regio's met andere beleidsvelden, de medewerkers ruimtelijke ordening en vergunningverleners bij de decentrale overheden. Op basis daarvan kunnen locatiekeuzes worden aangescherpt en de route richting tijdelijke vergunningverlening verder worden vormgegeven. Voor meer informatie zie: [Leefomgeving](#)



Verdieping Energiebronnen

De volgende pagina's gaan dieper in op de zes energiebronnen. In de tabellen op de pagina's hiervoor staat welke bronnen bijdragen aan de doelstelling van de RES. We gaan in op de energiebron, de stand van zaken en ontwikkelingen in de markt. Onder het kopje criteria geven we een onderbouwing voor de hoofdtabel in deze factsheet. Hier bespreken we de belangrijkste randvoorwaarden en criteria die noodzakelijk zijn voor de realisatie van de energiebron. Tot slot hebben we in de factsheets verwijzingen opgenomen naar websites en rapportages waar meer informatie gevonden kan worden over de specifieke energiebron.

[Windenergie](#)

[Zonne-energie](#)

[Biogrondstoffen voor
elektriciteit](#)

[Kernenergie](#)

[Waterkracht](#)

[Waterstof](#)



Windenergie

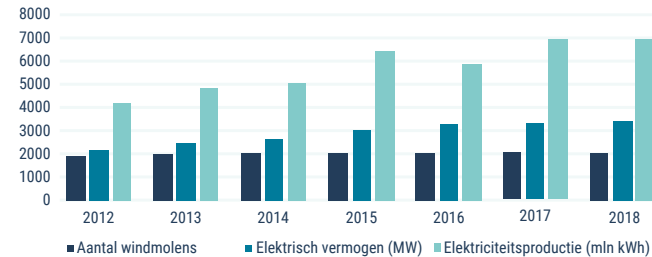
Windturbines zetten energie uit wind om in elektriciteit. Windturbines kunnen zowel op land als op zee worden geplaatst. Alleen 'wind op land' valt binnen de RES en is daarom de focus van deze factsheet. Windturbines op land bestaan in allerlei afmetingen en bijbehorende vermogens. De afgelopen jaren is de gemiddelde afmeting en het vermogen van windmolens steeds verder toegenomen. Eind 2022 stond er in totaal in Nederland 6.300 MW vermogen aan wind op land, gelijk aan een jaarlijkse opwek van 13,2 TWh. Dit is bijna een verdubbeling in opwek ten opzichte van 2018. De doorlooptijd van initiatief tot het plaatsen van een windmolen of windmolenpark kan lang duren, vanwege bijvoorbeeld maatschappelijke acceptatie, netcongestie of doorlooptijd vergunningverlening..

Ontwikkelingen en relevantie

Het aantal windmolens is met een factor 2,2 toegenomen tussen 2012 en nu, terwijl het vermogen met een factor 4,4 groter is geworden. Dit is het gevolg van het plaatsen van steeds grotere en hogere windturbines met meer vermogen en het uit gebruik nemen van kleinere windturbines.

Bron: CBS

Ontwikkeling windenergie op land



De windsector geeft aan dat de businesscase van windparkexploitanten met turbines van 3 MW tegenwoordig **niet meer zal rondkomen**. De standaard voor nieuwe molens is 5,6 MW. Deze turbines hebben een veel hogere opbrengst. De opbrengst van windenergie is namelijk afhankelijk van de rotordiameter en de hoogte. Wanneer wieken 2x zo groot worden, verviervoudigt de opbrengst.

Er zijn ook kleinere typen windmolens:

- **Buurtmolens (<1 MW)**
Dit is een kleinere lokale windmolen die ongeveer 10 – 1.000 keer minder stroom opwekt dan een molen van 5,6 MW, afhankelijk van de grootte van de kleine windmolens.
- Deze kan bijvoorbeeld op een boerenerf worden geplaatst of in een buurt worden gerealiseerd met behulp van een buurtcollectief.
- **Mini-windturbines**
Mini-windturbines kunnen op daken van huizen worden geplaatst. De aanschafkosten zijn echter zo hoog dat de investering zich vaak **niet terugverdient**. Daarnaast leveren mini-windturbines alleen op locaties waar het voldoende waait meer energie dan ze hebben gekost bij de productie ervan. De energieopbrengst is vaak groter wanneer wordt gekozen voor zonnepanelen in plaats van mini-windturbines.



Criteria

Criteria voor de plaatsing van windmolens van 5,6 MW:

- **Ruimtebeslag** windmolenpark:
 - De optimale afstand tussen twee windturbines is ongeveer 5 keer de diameter van de rotor.
 - Het ruimtegebruik op de grond is beperkt. Gebied onder windmolens kan voor andere functies worden gebruikt, zoals landbouw, veeteelt, wegen en zelfs bos.
- **Projectrealisatie duurt gemiddeld 5,5 jaar.** Vergunning-verlening en aansluiting op netinfrastructuur zijn hierin de kritieke factoren. Ook is er soms maatschappelijke weerstand tegen windmolens. Daarnaast is er op sommige locaties geen capaciteit op het elektriciteitsnet beschikbaar. Netbeheerders hebben [congestiegebieden](#) aangewezen waar de capaciteit beperkt is.
- **Kostprijs van wind op land:** 40-65€/MWh (SDE-tarief, dus over een looptijd van 15 jaar ipv de levensduur van een turbine die ca. 25 jaar bedraagt. De werkelijke kosten zijn dus lager.)
- **Opbrengst:** 18,6 GWh per jaar
- **Energiedichtheid** (park van 10 molens met elk een vermogen van 5,6 MW):
 - Bruto (contour): 450 ha/56 MW
 - Netto (alleen voet windmolen): 1 ha/56 MW
- **Levensduur turbine:** [gemiddeld 25 jaar](#)

• Interessante locaties:

- Daar waar het ruimtelijk inpasbaar is, alle andere belangen in acht nemend
- Gebieden met lage grondprijs
- Repoweren van oude windparken, door oude windturbines te vervangen door een kleiner aantal grotere turbines. De totale opbrengst is dan hoger.
- **Locatiebelemmeringen:**
 - Niet dicht bij bebouwing i.v.m. geluid en slagschaduw
 - Er kunnen hoogtebeperkingen zijn door luchtvaart en radar
 - Er kunnen beperkingen zijn bij natuurgebieden door mogelijke effecten op vogels en vleermuizen.
 - Voor meer inzicht in locaties met (mogelijke) belemmeringen voor windturbines, zie [RES data portaal](#)



Meer lezen?

Windenergie in de RES:

[Hernieuwbare energiebronnen op land in de Regionale Energiestrategie](#)

Stand van zaken windenergie op land:

[Monitor Wind op Land 2022](#)

Algemene informatie van de branchevereniging van de windsector: www.NWEA.nl

Voorbeelden van collectieve windprojecten op land:

[Voorbeelden van collectieve windprojecten](#)

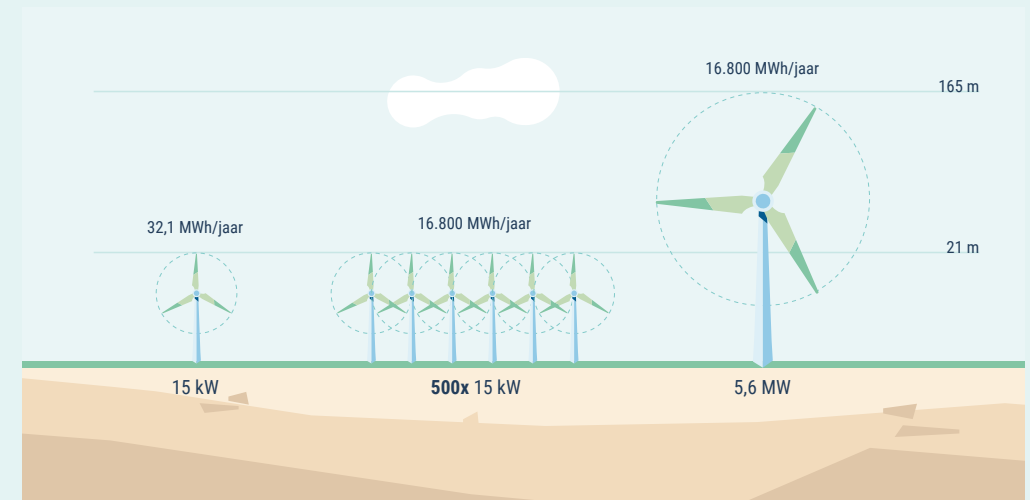
Mogelijke locaties windmolens:

[RES data portaal](#)

Voorbeeld:
Windenergie



Kenmerken van verschillende typen windmolens
Bron: [Ruimtelijke Verkenning Energie en Klimaat](#)



Hoe groter de diameter van de wieken, hoe hoger de opbrengst.



Zonne-energie

Zonnepanelen (ook wel fotovoltaïsche of PV-panelen) zetten zonne-energie om in elektriciteit. Zonne-energie kan ook worden gebruikt voor de opwek van warmte. Deze factsheet richt zich op elektriciteitsopwekking uit zon, en specifiek op grootschalige opwek door installaties van meer dan 15 kWp. Deze installaties vallen binnen de scope van de RES-doelstelling.

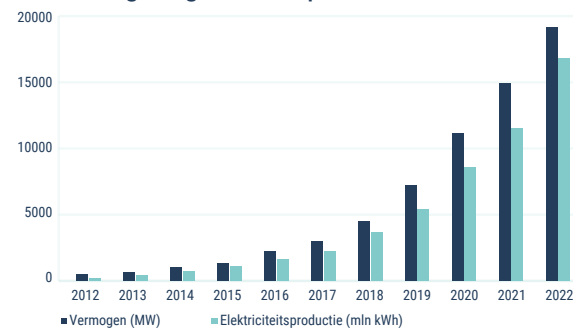
Eind 2022 was er in Nederland meer dan 11.000 MWp aan zonnepanelen in grootschalige installaties operationeel, goed voor een jaarlijkse productie van bijna 10 TWh. Dit is, ter vergelijking, iets meer dan de meer dan 8.000 MWp aan geïnstalleerd vermogen van kleinschalig zon op dak voor dat jaar. De Rijksoverheid heeft in haar Nationale Omgevingsvisie een voorkeursvolgorde voor de opwek van zonne-energie uitgewerkt: de voorkeur gaat uit naar zon op daken en gevels, daarna op onbenutte terreinen in bebouwd gebied en tot slot in landelijk gebied.

Ontwikkelingen

De groei van grootschalige zon-PV gaat exponentieel, het totaal van zon op daken en velden is sinds 2018 meer dan verviervoudigd van 4.600 MWp naar meer dan 19.100 MWp eind 2022. Iets meer dan de helft van dit opgestelde vermogen betreft grootschalige installaties.

- Eind 2021 stond er ca. 8.600 MWp aan grootschalig geïnstalleerd vermogen, waarvan meer dan 7.500 is gerealiseerd met SDE-subsidie. Hiervan is volgens schattingen van RVO grofweg de helft op daken gerealiseerd.

Ontwikkeling energie uit zonnepanelen



De efficiëntie van zonnepanelen kan worden uitgedrukt in vermogensdichtheid. De ontwikkeling in vermogensdichtheid van zonnepanelen van de afgelopen jaren en de verwachte ontwikkeling naar 2030 toe is voor schuine daken met een optimale ligging:

- 2015: 105 Wp/m²
- 2020: 145 Wp/m²
- 2030: 215 Wp/m²

Voor zonneparken en platte daken ligt de vermogensdichtheid momenteel lager, maar naar verwachting zal deze in 2030 op het niveau van zon op schuine daken liggen.

Criteria

Criteria voor de plaatsing van zonne-installaties van meer dan 15 kWp.

- **Ruimtebeslag installatie zon-PV van 15 kWp:**
 - Circa 70 -140 m²
 - Zon op land kan worden gecombineerd met verschillende functies, zie voorbeeld op pagina 15.
- **Doorlooptijd afhankelijk van vergunning en netaansluiting:**
 - Zon op dak heeft meestal geen vergunning.
 - Vergunningverlening zon op land duurt ongeveer 2-3 jaar.
 - Aansluiting op netinfrastructuur is een beperkende factor voor zon. Op sommige locaties is er geen extra capaciteit op het elektriciteitsnet beschikbaar. Netbeheerders hebben [congestiegebieden](#) aangewezen waar de capaciteit beperkt is.
- **Levensduur zonnepanelen:** 25 jaar
- **Kostprijs:** [52-70 €/MWh](#)
- **Energiedichtheid:** Voor 1 MWp zon-PV veldopstelling is 0,95 ha nodig
- **Interessante locaties:**
 - De voorkeur gaat uit naar zon op daken en gevels, daarna op onbenutte terreinen, in bebouwd gebied en als laatste in landelijk gebied.
- **Aandachtspunt:**
 - Met zonneprojecten wordt vooral in de zomer veel elektriciteit opgewekt. In de overige seizoenen zijn ook andere energiebronnen nodig. Vanwege dit opwekprofiel (alleen wanneer de zon schijnt) van zonnepanelen is het matchen tussen vraag en aanbod een aandachtspunt.



Innovaties

De volgende innovaties kunnen ook een bijdrage leveren aan de RES. Het zijn nieuwe toepassingen die momenteel in Nederland nog maar weinig geïnstalleerd vermogen hebben vergeleken met zon op land en op daken.

Zon-PV op water

- Zon-PV op water kan gemiddeld grootschaliger worden uitgevoerd dan zon op land.
- Opbrengst van zon-PV op water kan iets hoger zijn dan op land, omdat het water voor koeling en voor reflectie van zonlicht kan zorgen.
- In plaats van een fundering bij zon-PV op land, is een drijvende ondersteuning nodig.

Zon-PV in daken van kassen

- Uitdaging omdat zon-PV zonlicht wegneemt dat de gewassen nodig hebben.
- Door verdere ontwikkeling van de PV-systemen kan dit probleem in de toekomst mogelijk worden weggenomen.

Zon-PV boven zachtfruit

- Het voordeel is dat de panelen de gewassen beschermen tegen hagel, wind en regen.
- De glasplaat in het zonnepaneel functioneel deels als 'kas'.

Zon-PV in wegdek

- Technische uitdaging om ervoor te zorgen dat het geen risico vormt voor weggebruikers, bijvoorbeeld door andere rolweerstand en wrijving.
- Levensduur en betrouwbaarheid zijn nog niet goed aangevoeld (invloed van slijtage en belasting op wegdek).

Zon-PV in overige infra-werken, zoals geluidsschermen

- Met relatief beperkte meerkosten kan een geluidswerende constructie worden uitgebreid met de functie zonnestroomopwekking.
- De elektrische ontwerpaspecten zijn een uitdaging, omdat het systeem bloot staat aan dynamische beschaduwning.

BI-PV

- Hierbij worden zonnepanelen geïntegreerd in de dakconstructie.
- Vooral esthetisch interessant, leidt niet tot hoger opwekvermogen.
- Voornamelijk interessant bij nieuwbouwwoningen.
- Er zijn in de afgelopen jaren in Nederland een aantal gevallen bekend waarin BI-PV-systemen hebben geleid tot brand.

PVT

- Een PVT-paneel wekt zowel elektriciteit als warmte op.
- Het totale rendement is hoger dan bij zonnepanelen die alleen elektriciteit opwekken.
- Het nadeel is dat de prijs van een PVT-paneel hoger is dan een PV-paneel.
- PVT is alleen interessant als er voldoende warmtevraag is.

Zon-PV in gevels

- Potentieel van zon-PV in gevels is iets lager per m² dan zon-PV op daken.
- Uitdaging om de gevelelementen in allerlei verschillende vormen en maten beschikbaar te maken, om aan te sluiten op de gewenste uitstraling.
- Dit is alleen interessant bij nieuwbouw of renovatie.

Bifaciale PV-panelen

- Panelen die aan beide zijden van het paneel elektriciteit opwekken.
- Volgens fabrikanten is een opbrengst van 25% hoger mogelijk per paneel t.o.v. standaard PV-panelen.
- De configuratie is anders dan bij standaard PV-panelen, want er moet ook licht van onder op kunnen vallen.



Meer lezen?

Zonne-energie in de RES: [Helpdesk Zonopwek](#)

Algemene informatie over zonne-energie van branchevereniging: www.hollandsolar.nl

Informatie over zon op land: [Gedragscode Zon op Land](#)

Innovaties zon-PV:
[Roadmap PV-systemen en toepassingen](#)

Voorbeeldprojecten zon op daken:
www.grotedaken.nl

Beleid omtrent zon-PV: [Beleidskaders zon-PV](#)

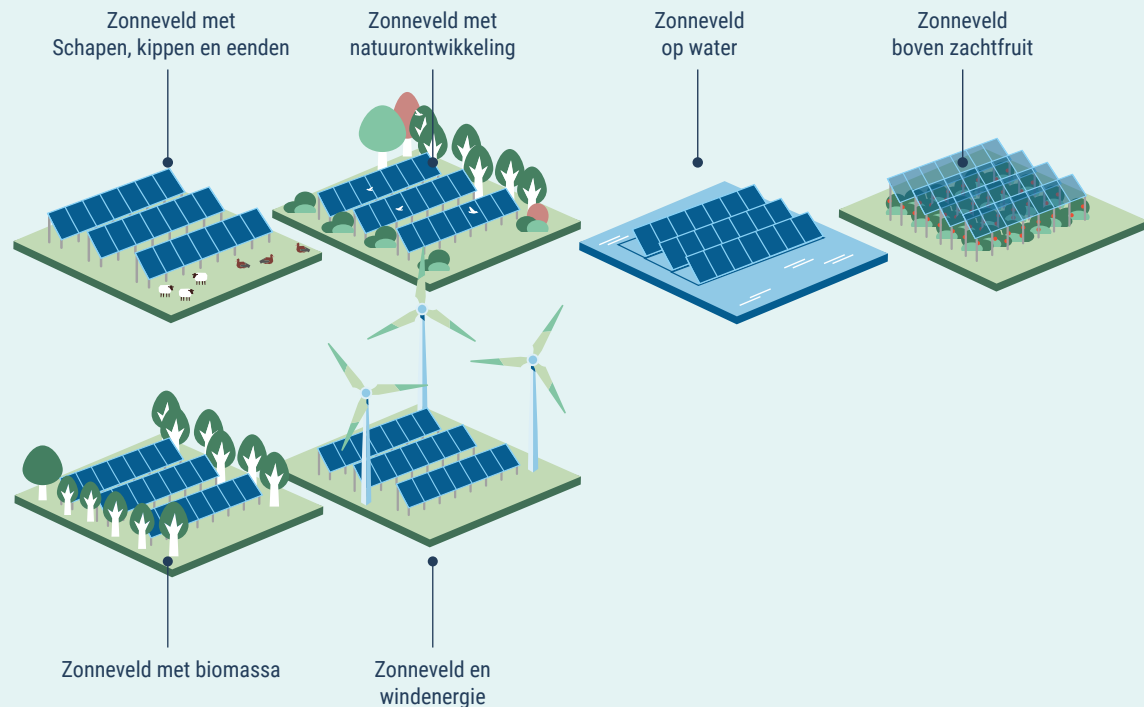
Landelijke [voorkeursvolgorde zon](#)

Meer informatie over congestiegebieden
[op de pagina van Netbeheer Nederland](#)

Voorbeeld: Zonne-energie

Zonnepanelen kunnen met verschillende andere functies worden gecombineerd. Zie afbeeldingen hieronder.

In combinatie met groene daken kan **tot 6% meer elektriciteit** worden opgewekt.





Biograndstoffen voor elektriciteit

Een biograndstof is organisch materiaal van planten en dieren. Met behulp van biograndstoffen kan naast warmte ook elektriciteit opgewekt worden. Dit heet warmtekrachtkoppeling (WKK). Ook kunnen biograndstoffen omgezet worden in groen gas.

Groen gas kan ingevoerd worden in het aardgasnet en kent daarmee meerdere toepassingen (vervoer, huishoudens, gascentrales). Er is een wijde variëteit aan biograndstoffen: primaire stromen, zoals energiegewassen of hout uit bos, maar ook reststromen zoals resten van landbouw en bosbouw (plantenresten, mest, tak- en top hout), afvalstromen uit de voedselverwerkende of houtverwerkende industrie, of huishoudens (GFT, rioolslib) en reststromen uit landschaps- onderhoud zoals bermgras.

De beschikbaarheid van duurzame biomassa is niet oneindig. De grondstofprijzen variëren sterk per biomassastroom.

In een circulaire economie zullen biograndstoffen steeds minder worden ingezet voor elektriciteitsproductie en steeds meer voor toepassing in de chemie en bouw.

In 2020 werd 10 TWh aan elektriciteit opgewekt met biomassa, iets meer dan 8% van het totale [hernieuwbare elektriciteitsverbruik](#). Naar verwachting zal biomassa in de toekomst als het gaat om elektriciteitsproductie alleen in back-up centrales worden ingezet, ter ondersteuning van wind- en zonne-energie. Daar kunnen ze een belangrijke rol gaan spelen bij de balancering van elektriciteitsvraag- en aanbod.

Ontwikkelingen

De productie van hernieuwbare elektriciteit uit biomassa telt niet mee voor het RES-doel van minimaal 35 TWh in 2030, maar wel voor het doel uit het Klimaatakkoord van 70% hernieuwbare elektriciteitsopwekking in 2030.

Duurzame biomassa is schaars en zal op lange termijn vooral naar de industrie (als grondstof) en naar mobiliteit gaan. Bij- en meestook van biomassa in kolencentrales zal voor 2030 [stoppen](#).

Criteria

Criteria voor de plaatsing van een back-up-centrale (100% biomassa):

- **Schaalgrootte:**
nationaal (>500 MW), regionaal (5-500 MW), lokaal (<5 MW)
- **Ruimtebeslag:**
Er is ca. 6 ha nodig voor een centrale van 900 MW
- **Realisatietijd:**
2-3 jaar
- **Investeringskosten middelgrote centrale:**
2.000-4.000 €/kW
- **Productiekosten elektriciteit:**
57-190 €/MWh

Duurzaamheid

Het kabinet is ervan overtuigd dat in de transitie naar een klimaatneutrale en circulaire economie in 2050 een belangrijke rol is weggelegd voor duurzame biograndstoffen. Daarbij geldt voor het kabinet het uitgangspunt dat alleen duurzame biograndstoffen een bijdrage aan die transitie kunnen leveren en dat duurzame biograndstoffen uiteindelijk zo hoogwaardig mogelijk moeten worden ingezet.

Momenteel wordt gewerkt aan beleid en wetgeving die een duurzaamheidskader in de praktijk brengt. Een onderdeel daarvan is het borgen van duurzaamheidscriteria voor de productie van duurzame biograndstoffen, zowel voor energie (electriciteit en warmte) als voor materiaal toepassingen (bouw en chemie). De criteria zijn voor een groot deel afgeleid van de duurzaamheidscriteria uit de Europese hernieuwbare energierichtlijn (RED). Certificering zal een rol gaan spelen in het aantonen dat biograndstoffen duurzaam zijn.



Meer lezen?

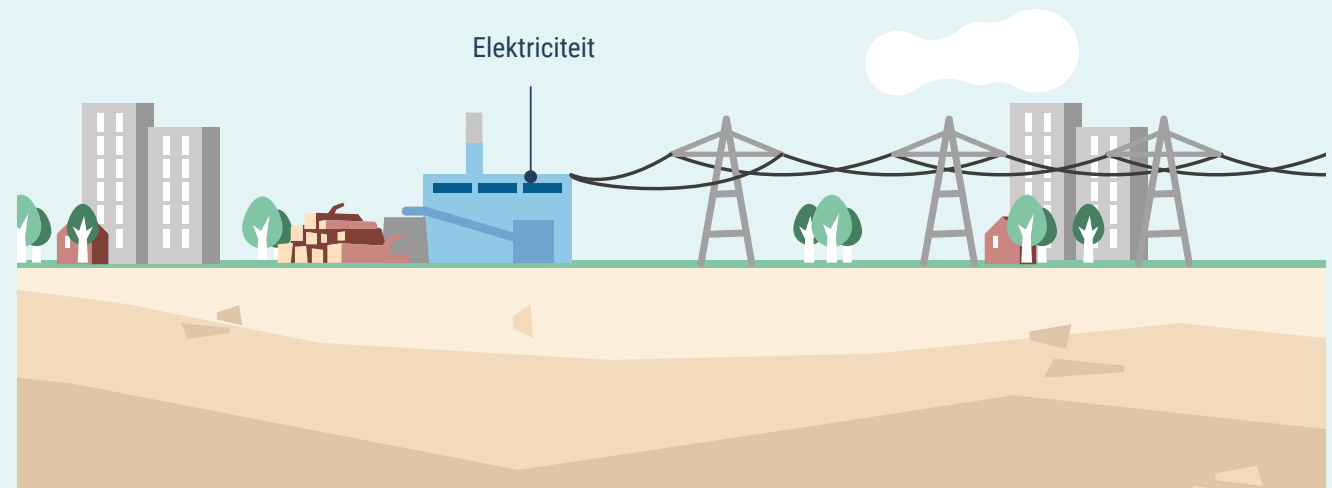
De rol en inzet van biomassa: [Klimaatakkoord](#)

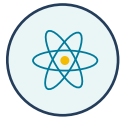
Verwachting over gebruik van biomassa tot 2030:
[Klimaat- en Energieverkenning 2019](#)

Kamerbrief over [duurzaamheidskader biograndstoffen](#)

Platform [Groen gas](#)

Voorbeeld: Biograndstoffen voor elektriciteit





Kernenergie

Kernenergie levert elektriciteit door verrijkt uranium te splijten in een kerncentrale. De warmte die bij de splijting vrijkomt, wordt omgezet in elektriciteit. Het bouwen van een kerncentrale vergt veel tijd en een hoge investering. De operationele kosten zijn echter relatief laag, wat betekent dat kerncentrales veel draaiuren moeten maken om de kosten van de bouw terug te verdienen. Kerncentrales zijn zogenaamde must run installaties die niet (eenvoudig) uit te schakelen zijn. Kernenergie is daardoor geen flexibele aanvulling op de [variabele elektriciteitsopwekking](#) uit zon en wind maar het is wel een stabiele energiebron die bijdraagt aan de stabiliteit van het net. De voorraad uranium is eindig en een kerncentrale levert lastig verwerkbaar hoogradioactief afval op. Om deze reden is kernenergie geen hernieuwbare energiebron. De opwekking van elektriciteit uit kernenergie levert echter geen CO₂-uitstoot op. Nederland heeft op dit moment één kerncentrale van 485 MW voor elektriciteitsopwekking in Borssele en twee onderzoeksreactoren in Petten en Delft. Het kabinet onderzoekt de mogelijkheid voor de bouw van [twee nieuwe kerncentrales](#) voor elektriciteitsopwekking. Daarnaast heeft het ministerie van EZK onlangs een [marktstudie](#) laten uitvoeren naar het potentieel van kleine modulaire kernreactoren in Nederland, zogeheten SMR's (small medium reactors). De rest van dit hoofdstuk gaat over SMR's.

Ontwikkelingen SMR's

Small modular reactors (SMR's) zijn kleinere kernreactoren dan de reactoren in bestaande kerncentrales. Anders dan een conventionele kernreactor worden ze niet op hun plaats van bestemming gebouwd, maar in aparte onderdelen (modules) die op hun uiteindelijke locatie in elkaar worden gezet. Wereldwijd zijn er nog nauwelijks SMR's operationeel.

De marktanalyse van SMR's laat zien dat een minimale doorlooptijd van circa 7 jaar een realistische schatting is voor vergunning en bouw van een lichtwater SMR, gebaseerd op conventionele technieken. Dit geldt echter onder het voorbehoud dat aan andere randvoorwaarden zoals locatiekeuze, volwassenheid van de organisatie en toeleveringsketen al is voldaan. Ook wordt er van uitgegaan dat het een SMR betreft die ergens al een keer is gebouwd. Voor zover bekend, zijn er nog geen regio's in Nederland in het stadium waar aan deze randvoorwaarden wordt voldaan. RES-regio's kunnen de mogelijkheden verkennen om deze kleine reactoren op te nemen in hun RES ná 2030, als aanvulling op duurzame bronnen als wind en zon. RES regio's kunnen de SMR's alleen opnemen in hun bod na 2030 als aan de voorwaarden voor het starten van de bouw van een SMR wordt voldaan.

Er is, als voldaan wordt aan de randvoorwaarden, die nog verder geconcretiseerd worden door EZK, circa zeven jaar nodig voor vergunning en bouw van een lichtwater SMR, het tot nu toe verst ontwikkelde type. SMR's kunnen dus alleen mogelijk iets betekenen voor de RES ná 2030 als voldaan is aan de randvoorwaarden en besluitvorming over locatie heeft plaatsgevonden.

Criteria

- Vergunningstraject duurt meerdere jaren.
- Minimale doorlooptijd van circa 7 jaar voor vergunningverlening en bouw van een lichtwater SMR, gebaseerd op conventionele techniek
- Private partij nodig die de bouw financiert kosten verschillen sterk per ontwerp.
- Er is ongeveer [6 ha](#) nodig voor een conventionele kerncentrale. Na uitbedrijfname duurt het nog [meerdere decennia](#) voordat een reactor veilig afgebroken kan worden. De ruimte blijft dus langer bezet dan de levensduur van de centrale. SMR's zijn vanwege hun omvang makkelijker ruimtelijk in te passen dan conventionele reactoren. De benodigde ruimte verschilt per ontwerp en kan worden teruggevonden in de eerder genoemde marktanalyse.
- Er is veilige langetermijnopslag nodig voor het radioactief afval. In Nederland is de COVRA hiervoor verantwoordelijk.

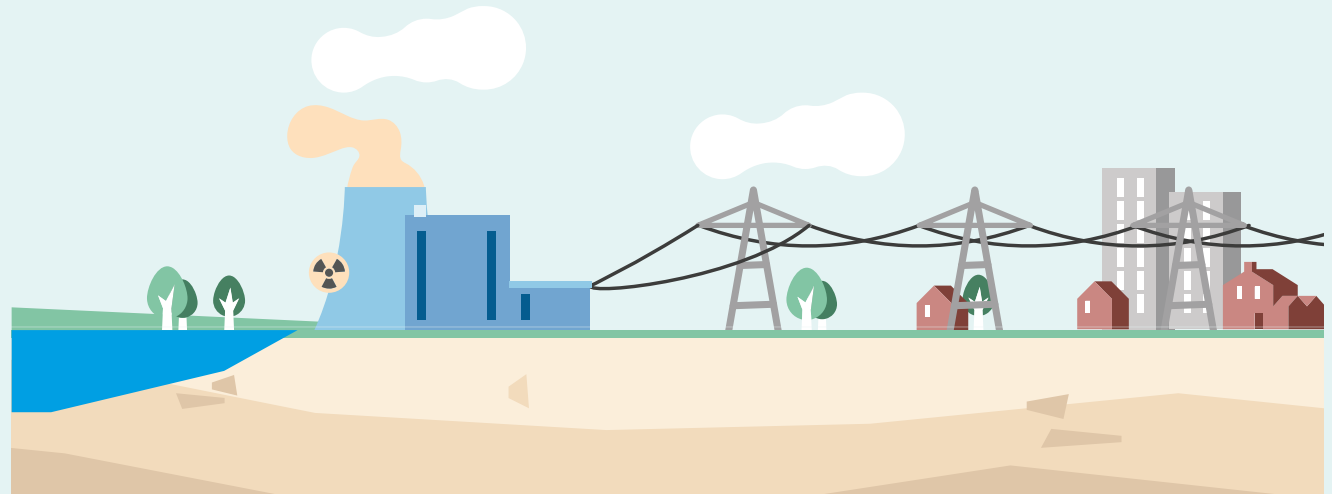


Meer lezen?

Informatie over kernenergie in Nederland is te vinden op <https://www.overkernenergie.nl/>

Op de website van NPRES [vind u meer informatie over kernenergie en SMR's](#).

Voorbeeld: Kernenergie



Kerncentrale in Olkiluoto (Finland) door Hannu Huovila / TVO.
Oorspronkelijk zou de centrale in 2009 gereed moeten zijn, maar deze kwam uiteindelijk in januari 2022 online. Olkiluoto 3 produceert sinds mei 2023 ongeveer 15% van Finland's totale elektriciteitsconsumptie. De centrale van 1600 MW heeft naar schatting 11 miljard euro gekost.





Waterkracht

Waterkrachtcentrales zetten de beweging van water om in elektriciteit. De energie kan geleverd worden door stroming of verval van een rivier of beek, door golven, of door het getijde. We beschouwen hier waterkracht bij bestaande stuwen in beken en rivieren, omdat deze variant het meest relevant is voor de RES-regio's. Het potentieel voor dit soort waterkracht is in Nederland beperkt. Dit komt doordat Nederland vrij vlak is. Toch is er nog een resterend potentieel van circa 0,3 TWh per jaar bij bestaande stuwen waar elektriciteit opgewekt zou kunnen worden. Waterkracht heeft een groot aandeel kapitaalkosten en nauwelijks variabele kosten. Eenmaal geïnstalleerd moet de installatie dus zoveel mogelijk uren draaien. Nederland heeft momenteel [7 waterkrachtcentrales](#) groter dan 100 kW, met een gezamenlijk vermogen van 37 MW en een energieopwekking van zo'n 95 GWh per jaar.

Ontwikkelingen

Naast waterkracht uit stuwen bij rivieren en beken zijn er diverse andere technologieën:

Getijdenenergie bij bestaande waterkeringen heeft een beperkt aantal geschikte locaties en kost >90 €/MWh, maar is technisch al probleemloos toegepast.

Blue energy wekt elektriciteit op uit verschillen in zoet en zout water. Deze technologie kost nu nog >400 €/MWh, maar heeft kans om [na 2030](#) betaalbaar te worden. Bij zeer sterke kostendalingen zou blue energy op termijn kunnen functioneren als regelbare energiebron.

Dynamic tidal power wekt elektriciteit op uit getijdenstroming door een strekdam van tientallen kilometers te bouwen in zee. Deze technologie is ecologisch omstreden, maar eventueel op de lange termijn relevant voor rijksprojecten.

Golfenergie heeft in Nederland weinig potentie omdat de golven te zwak zijn.

Criteria

Criteria voor waterkracht bij stuwen in rivieren en beken:

- Bestaande stuw nodig, anders niet rendabel.
- Visveiligheid: nieuwe projecten mogen leiden tot maximaal 0,1% vissterfte.
- Een centrale in een rivier heeft een vermogen van circa 1-10 MW, een centrale in een beek 10-500 kW.
- De bouwtijd varieert van enkele weken voor de kleinste centrales tot meerdere jaren voor grote centrales. De vergunningverlening duurt minstens 6 maanden.
- De kosten bedragen 80-210 €/MWh. Hierbij is het gunstig om de bouw te combineren met andere werkzaamheden aan de stuw.
- Waterkracht bij bestaande stuwen kost geen extra ruimte.



Meer lezen?

[Lees het rapport Perspectieven elektriciteit uit water naar de potentie van elektriciteit uit water in Nederland](#)

Voorbeeld: **Waterkracht**

De Dommelcentrale in aanbouw. De Dommelcentrale heeft een vermogen van 120 kW, wekt zo'n 600.000 kWh/jaar op en heeft ongeveer 1 miljoen euro gekost.

Foto: Luc van Gerrevink, @DEC Dommelstroom



Waterstof

Waterstof is geen energiebron, maar een energiedrager. Het wordt momenteel geproduceerd uit aardgas (grijze waterstof). Als de hierbij vrijkomende CO₂ wordt afgevangen en opgeslagen spreken we van 'blauwe waterstof'. 'Groene waterstof' wordt gemaakt met elektriciteit uit wind- en zonne-energie m.b.v. een elektrolyser. Op dit moment wordt in Nederland ongeveer 180 PJ/jaar aan (grijze) waterstof geproduceerd. Dit wordt grotendeels gebruikt als grondstof in de (petro)chemische industrie. Met waterstof kan ook elektriciteit worden geproduceerd door dit te verbranden in een elektriciteitscentrale of met een elektrochemische reactie in een brandstofcelsysteem. Overaanbod van wind- en zonne-energie kan worden omgezet in groene waterstof en langdurig (seizoenen) worden opgeslagen in lege zoutcavernes en gasvelden. Op momenten met een tekort kan deze waterstof weer in elektriciteit worden omgezet. In deze leveringsroute gaat veel van de opgewekte energie verloren (ca. 65%), maar wordt elektriciteitsvraag en -aanbod gebalanceerd en kunnen dure uitbreidingen van het elektriciteitsnet worden voorkomen. Wind- en zonneparken kunnen ook worden gebouwd met waterstofproductie als hoofddoel.

Ontwikkelingen

Waterstof is geen energiebron (want het moet eerst worden gemaakt) en kan daarmee geen onderdeel zijn van het doel om minimaal 35 TWh hernieuwbare elektriciteitsproductie op land te realiseren.

In december 2022 informeerde minister Jetten de Tweede Kamer over de voortgang van het [waterstofbeleid](#). Het [Nationaal Waterstof Programma](#) ondersteunt toepassingen van waterstof in diverse sectoren en helpt bij de realisatie van doelen en afspraken op het gebied van waterstof. CO₂-vrije waterstof wordt gezien als een noodzakelijke schakel in een duurzaam energiesysteem.

Blauwe waterstof kan een transitierol vervullen om waterstofproductie- en -gebruik op gang te brengen. Groene waterstof is naar verwachting niet op grote schaal beschikbaar voor 2035. De beschikbaarheid van groene waterstof wordt beperkt door de capaciteit en de directe benutting van wind- en zonne-energie. Verder kan groene waterstof o.a. als grondstof in de chemische industrie en in de mobiliteitssector worden gebruikt en zijn er alternatieve technieken om elektriciteitsvraag en -aanbod te balanceren. Op langere termijn kan groene waterstof ook worden geïmporteerd.

Er zijn nog geen gasturbines die draaien op waterstof, maar hier zijn wel plannen voor (zie voorbeeld). Brandstofcelsystemen zijn modulair en daarmee goed schaalbaar, maar zijn nog erg duur.

Criteria

Criteria voor een gasturbine op waterstof:

- **Schaalgrootte waterstofturbine:** 1-500 MW
- **Ruimtebeslag:** er is ca. 6 ha nodig voor een centrale van 900 MW
- **Doorlooptijd bouw centrale:** 2-3 jaar
- **Investeringskosten:** 1.000-3.000 €/kW
- **Productiekosten elektriciteit uit waterstof:** onbekend



Meer lezen?

Bekijk de [Kabinetsvisie waterstof](#)

[Nationaal waterstof programma](#)

[Productieketens voor blauwe en groene waterstof \(CE Delft\)](#)

Voorbeeld:

Onderzoek waterstof mogelijkheden Magnum energiecentrale Eemshaven

Voor de Magnum elektriciteitscentrale in de Eemshaven onderzoekt Vattenfall met leverancier Mitsubishi of één van de gasturbines in 2023 kan worden omgeschakeld op waterstof.

De Magnum-centrale heeft 3 'combined cycle' gasturbines (CCGT) met elk een capaciteit van 440 MW. Eén eenheid in continubedrijf stoot nu 1,3 Mton CO₂ per jaar uit. Voor dergelijke grote turbines is veel waterstof nodig.



Uitleg Criteria

Bijdrage aan doelstelling RES

Kan de energiebron bijdragen aan het RES-doel om te komen tot ten minste 35 TWh hernieuwbare elektriciteitsopwekking op land?

Bijdrage aan CO2-reductie 2050

Los van de RES-doelstelling: kan de energiebron bijdragen aan het doel van een CO2-neutrale energievoorziening in 2050?

Technische realisatie voor 2030

Is het technisch mogelijk om een project met deze energiebron uiterlijk in 2030 te realiseren als nu gestart wordt?

Aandachtspunten

Wat zijn de maatschappelijke discussies die gevoerd worden over deze energiebron? Wij gaan hierbij niet in op de feiten in deze discussies, en of de argumenten gegrond zijn. In de nadere uitwerking per energiebron staat de feitelijke informatie.

Doorlooptijd projectontwikkeling

Wat is de gemiddelde doorlooptijd van een project totdat het project operationeel is?

Kosten

Wat zijn de kosten van deze energiebron? Om een objectieve vergelijking te geven, is de prijs van energie uit een energiebron uitgedrukt in een prijs per megawattuur (MWh). Dit heet de levelised cost of energy (LCOE). Het zijn de totale kosten over de levensduur van het project gedeeld door de hoeveelheid geproduceerde energie. Dit is tevens de minimale prijs per MWh die nodig is om de installatie te bouwen en energie te produceren, inclusief de kosten benodigd voor onderhoud en personeel.

Ruimtelijke impact

Verschillende technieken hebben een verschillende ruimtelijk impact. We geven het ruimtebeslag weer van de centrale of installatie die nodig is om elektriciteit te produceren. Er is hierbij niet gekeken naar de ruimtelijke impact van materiaalgebruik, grondstoffenwinning, netinfrastructuur et cetera). Voor meer informatie over energiedichtheid: zie het boek [Energie en Ruimte](#).

Mogelijkheid tot meervoudig ruimtegebruik

Welke mogelijkheden zijn er op de productielocatie aanwezig voor ander gebruik van de grond?

Begrippenlijst

Maattermen

kilo	duizend, 1.000 (10^3)
Mega	miljoen, 1.000.000 (10^6)
Giga	miljard, 1.000.000.000 (10^9)
Tera	biljoen, 1.000.000.000.000 (10^{12})
Peta	biljard, 1.000.000.000.000.000 (10^{15})
ha	hectare, oppervlak van 100 x 100 meter

Vermogen

W	watt: maat voor vermogen om energie te leveren
kW	kilowatt: factor duizend meer vermogen dan Watt
MW	megawatt: factor miljoen meer vermogen dan Watt
GW	gigawatt: factor miljard meer vermogen dan Watt
MWe, GWe	megawatt of gigawatt vermogen specifiek aan de elektrische zijde van een installatie, bijvoorbeeld het outputvermogen van een centrale of het inputvermogen van een elektrolyser
MW_{th}, GW_{th}	megawatt of gigawatt vermogen specifiek aan de thermische (warmte) zijde van een installatie
kWp, MWp	piekvermogen: het vermogen dat maximaal gehaald kan worden onder optimale omstandigheden.

Energie

J	joule: maat voor energie, 1 J = 1 W vermogen gedurende 1 seconde
GJ	gigajoule: 10^9 Joule aan energie
TJ	terajoule: 10^{12} Joule aan energie
PJ	petajoule: 10^{15} Joule aan energie
Wh	wattuur: maat voor energie, 1 Wh = 1 W vermogen gedurende 1 uur = 3.600 J
kWh	kilowattuur: 10^3 Wh aan energie
MWh	megawattuur: 10^6 Wh aan energie
GWh	gigawattuur: 10^9 Wh aan energie
TWh	terawattuur: 10^{12} Wh aan energie

Begrippenlijst

Biogas	Biogas is gas dat verkregen wordt bij de vergisting van organisch materiaal (biomassa). Het kan worden opgewerkt tot groen gas, door middel van verwijdering van CO ₂ en verontreinigende stoffen.	Groene waterstof	Waterstof geproduceerd uit hernieuwbare energie.	Super-kritische vergassing	Superkritische (water)vergassing is een vorm van vergassing waarbij natte biomassa wordt opgelost in superkritisch water. Deze technologie is geschikt voor natte biomassastromen en kent een zeer hoog energierendement.
Bio-massa	Plantaardig en dierlijk (rest)materiaal, dat als grondstof kan worden gebruikt voor de productie van hernieuwbare energiedragers en direct als brandstof voor de productie van elektriciteit en warmte.	Groen gas	Gas gemaakt uit organisch materiaal (biomassa) met dezelfde samenstelling en hetzelfde kwaliteitsniveau als aardgas. Hierdoor kan het direct op het aardgasnet worden ingevoerd.	Vergassing	Vergassing is een innovatieve technologie waarmee specifieke biomassastromen, zoals hout en mest, worden omgezet in synthesesgas. Dit gas kan vervolgens in groengas worden omgezet.
Blauwe waterstof	Waterstof geproduceerd uit fossiele energie met toepassing van CCS.	Houtpellets	Houtpellets zijn snippers hout of houtafval (zoals zaagsel), in de vorm van staafjes samengeperst. Zij kunnen worden verbrand om elektriciteit en warmte te produceren.	Vergisting	Techniek om organisch materiaal (biomassa) om te zetten in biogas.
Brandstof-cel	Een brandstofcel zet waterstof of een ander gas direct om in elektriciteit en warmte door middel van een elektrochemische reactie.	Must-run centrale	Een elektriciteitscentrale die niet zomaar afgeschakeld worden doordat er bijvoorbeeld ook warmte geleverd moet worden of de opstartkosten erg hoog zijn, zoals bij een kerncentrale.	Vollasturen	Het aantal uren per jaar dat een elektriciteitsopwekker omgerekend op volledig vermogen draait. Dit wordt berekend als de jaarlijkse energieproductie gedeeld door het maximale vermogen. Twee uur op halve kracht telt dus ook als één vollastuur.
CCS	Carbon-capture and storage: CO ₂ opslag.	Pellets	Zie Houtpellets.	Warmtekrachtkoppeling (WKK)	De gecombineerde productie en benutting van elektriciteit en warmte, bijvoorbeeld een gasturbine die elektriciteit produceert waarbij de restwarmte in een warmtenet wordt geleid.
Elektrolyse	Een elektrochemisch proces waarbij waterstof wordt geproduceerd door elektriciteit door puur water te leiden. Het water wordt hierbij gesplitst in waterstof in zuurstof.	RES	Regionale Energiestrategie.		
Elektrolyser	Een installatie waarmee waterstof wordt geproduceerd door middel van elektrolyse w.	SDE++-subsidie	Subsidie Stimulering Duurzame Energieopwekking.		
Grijze waterstof	Waterstof geproduceerd uit fossiele energie.	Synthesegas	Synthesegas is gas dat verkregen wordt bij de vergassing van organisch materiaal (biomassa). Het bestaat voornamelijk uit waterstof en koolmonoxide en kan worden omgezet in groengas door middel van methanisering.		

Waterstof	Waterstof is een gas. Bij verbranding van dit gas komt geen CO2 vrij. Waterstof moet worden geproduceerd uit andere energiebronnen, zoals windenergie of aardgas. Zie ook: groene waterstof, blauwe waterstof, grijze waterstof.
Zoekgebieden	Aangewezen gebieden in de RES waar mogelijkheden worden gezien voor zon-, wind- en/of bodemenergie.

Nationaal Programma
RES Regionale
Energie
Strategie

www.regionale-energiestrategie.nl

Factsheet Elektriciteit

Deze factsheet is een publicatie van het [Nationaal Programma RES](#), en is ontwikkeld in samenwerking met [CE Delft](#).

Versie

Update juli 2023 door NP RES

Ontwerp

[Studio Duel, Den Haag](#)