

Factsheet | Opwek: zonnepanelen (zon-pv)

Opwek

- Zonnepanelen (zon-pv)
- Wind op land
- Wind op zee
- Kernenergie incl. SMR en thorium
- Biomassa
- Groengas
- (Rest)warmte
- Geothermie
- Alternatieve duurzame bronnen (o.a. witte waterstof, ijzerpoeder, energie uit (zee)water)
- Fossiele bronnen



Bron: Beeldbank CE Delft.

Algemeen: wat is het?

Zonnepanelen (ook wel fotonvoltaïsche of pv-panelen) zetten zonne-energie om in elektriciteit. Zon-pv wordt toegepast op dak en land. Veel woningen en andere daken hebben al zonnepanelen en dat aandeel groeit. Daarnaast zijn er grote zonneparken op land, solar carports en zon-pv-installaties op grote daken, zoals distributiecentra.

Kenmerken

- Bijdrage aan doelstelling RES: ja.
 - Bijdrage aan CO₂-reductie 2050: ja.
 - Technische realisatie voor 2030: zeker te realiseren.
 - Doorlooptijd projectontwikkeling: 2-3 jaar.
 - Productiekosten:
 - zon op dak: € 73-119 per MWh;
 - zon op land: € 62-90 per MWh;
 - zon op water: € 77-99 per MWh.([SDE++ Eindadvies basisbedragen 2024](#))
 - Ruimtelijke impact¹:
 - op dak: 3 m² per MWh;
 - op land: 19 m² per MWh.([Our World in Data, 2022](#))
 - Levensduur: 25 jaar.
 - SDE++-subsidie: ja.
- (
- [Factsheet Elektriciteit NP RES, 2023](#)
-)

Toepassing

Hernieuwbare elektriciteit: zon-pv draagt bij aan de productie van hernieuwbare energie. Voor een betrouwbaar energiesysteem met voldoende opwek zijn verschillende energiebronnen nodig. Zon-pv is daar onderdeel van.

Aansluiting op elektriciteitsnet: is afhankelijk van de grootte van de zon-pv-installatie. Kleine installaties worden op lage netspanning aangesloten, grote zonneparken worden op midden- of hoogspanning aangesloten.

Specifieke punten

Onregelmatige opwek: met zonnepanelen wordt elektriciteit opgewekt als de zon schijnt. Op minder zonnige dagen is de opwek uit zon-pv beperkt en 's nachts is er geen opwek uit zon-pv. Vanwege dit opwekprofiel van zonnepanelen is het matchen tussen vraag en aanbod een aandachtspunt en

Huidige stand van zaken Groningen

- 1,6 GW in 2023, waarvan:
- 0,4 GW klein vermogen (tot 15 kW);
 - 1,2 GW groot vermogen (> 15 kW).
- (
- [CBS, 2024](#)
-)

is bovendien efficiënt gebruik van het net een uitdaging. ([Factsheet Elektriciteit NP RES, 2023](#))

Groningen heeft in 2024 het grootste opgestelde vermogen van zonneparken van alle provincies ([Zon op Kaart Dashboard, Monitor Zon-PV 2024](#)). Het huidige uitgangspunt met betrekking tot grote zonneparken in het buitengebied is 'nee, tenzij', wat blijkt uit het [Koersdocument](#). Voor kleinere zonneparken wordt het principe 'ja, mits' gehanteerd. Hiermee wordt gestuurd op passende locaties voor zonne-energie.

In de [Omgevingsverordening](#) van provincie Groningen staat de zonneladder, die de voorkeursvolgorde aangeeft voor nieuwe zon-pv-projecten:

- op daken en gevels;
- op gronden binnen het stedelijk gebied;
- op gronden met een andere primaire functie dan landbouwgrond, zoals voormalige slibdepots, gesloten stortplaatsen als bedoeld in Artikel 8.47 Wet milieubeheer en in werking zijnde zandwinningsplassen;
- op landbouwgronden.

Betaalbaarheid

Productiekosten in €/MWh: dit zijn de kosten voor de productie van 1 MWh elektriciteit over de gehele levensduur van de installatie. Dus totale kosten (€)/totale productie (MWh).

- zon op dak: € 73-119 per MWh;
 - zon op land: € 62-90 per MWh;
 - zon op water: € 77-99 per MWh.
- ([SDE++ Eindadvies basisbedragen 2024](#))

Hoge investeringskosten: de initiële investering bedraagt gemiddeld meer dan 50% van de totale kosten van een zon-pv-project ([SDE++ Eindadvies basisbedragen 2024](#)). Daarna zijn de operationele kosten relatief laag, onder andere vanwege weinig onderhoud ([NVDE, 2018](#)).

Kostendaling: de kostprijs van pv-panelen zijn de afgelopen jaren sterk gedaald ([Monitor Zon-PV 2024](#)).

Betrouwbaarheid

Omvormers uitschakelen: als het te druk wordt op het net, kan niet alle stroom goed worden verwerkt. De spanning gaat dan omhoog. Als deze te hoog is (boven 253 volt ([Enenix](#))), schakelt een omvormer van zonnepanelen zichzelf uit. Omvormers zijn zo ingesteld dat ze automatisch uit voorzorg boven een bepaalde spanning uitvallen. Dit is wettelijk geregeld en staat beschreven in de normen over waar een omvormer aan moet voldoen. Zakt de spanning weer naar een normaal niveau? Dan schakelt de omvormer (meestal) vanzelf weer in en leveren de zonnepanelen weer stroom.

Geen bewegende onderdelen: zonnepanelen hebben geen bewegende onderdelen. Hierdoor zijn ze onderhoudsarm en betrouwbaar, mits ze op de juiste manier geïnstalleerd zijn.

Brandrisico: zonnepanelen kunnen brand vatten. De belangrijkste oorzaken zijn: ondeugdelijke verbindingen en installatiefouten ([TNO, 2019](#)). Het is daarom van essentieel belang om een installatie altijd te laten uitvoeren door een professionele installateur.

Bestendigheid

Levensduur: zon-pv-panelen hebben een levensduur van ongeveer 25-30 jaar ([Monitor Zon-PV 2024](#)).

Recycling van zonnepanelen: Nederland heeft als doel om in 2050 een volledig circulaire economie te hebben. Het is mede daarom van belang dat de panelen op een duurzame

Beschikbaarheid

Productie in China: de wereldwijde productie van zon-pv-panelen vindt voornamelijk plaats in China, bijna 85% ([Statista, 2024](#)). China beheerst een groot gedeelte van de keten, van winning van grondstoffen tot assemblage. Er zijn alternatieven in Europa en de rest van de wereld, echter

¹ Landgebruik is gebaseerd op de gehele levenscyclus. Dit houdt in dat het oppervlakte niet alleen meetelt voor de energieproductie, maar ook voor de benodigde mijnen, het brandstofgebruik, de ontmanteling en einde-leven-afvalverwerking. Bij zon-op-dak wordt de dakoppervlakte niet meegeteld, aangezien dit meervoudig ruimtegebruik is.

manier worden geproduceerd, verzameld en verwerkt. Op dit moment wordt al het zon-pv-afval mechanisch versnipperd. Voordat de zonnepanelen versnipperd worden, worden het aluminium frame, de koperen kabels en aansluitdoos handmatig verwijderd. De versnipperde materialen worden gebruikt als onderdeel van een basislaag voor wegen. Andere vormen van verwerking, waarbij meer materialen worden teruggewonnen, zijn nog in de pilotfase ([Monitor Zon-PV 2024](#)).

Kritische en schaarse grondstoffen voor zon-pv:

Er worden verschillende schaarse en zeldzame metalen gebruikt in zonnepanelen. Dit zijn met name zilver, indium en selenium. Deze grondstoffen zijn schaarser en zeldzamer dan bijvoorbeeld ijzer. Vaak worden deze grondstoffen op een beperkt aantal locaties in de wereld gewonnen ([Metabolic, 2025](#)).

Productieketen in China: circa 85% ([Statista, 2024](#)) van de wereldwijde zonnepanelenproductie vindt plaats in China. Na grote investeringen in 2023, zal China deze koppositie naar verwachting de komende jaren behouden ([WoodMackenzie, 2023](#)). Nederland was in 2022 de grootste importeur van Chinese zonnepanelen ter wereld ([CBS, 2023](#)). Hiermee is onze afhankelijkheid van China groot.

blijven Chinese panelen de wereldmarkt beheersen door de combinatie van lage kosten en goede technologie.

Beperking door netcongestie: netcongestie wordt veroorzaakt door zowel toenemende elektriciteitsvraag als meer hernieuwbare opwek, bijvoorbeeld door zon-pv. De exponentiële toename van zon-pv leidt in sommige gebieden tot overbelasting van elektriciteitsstations, waardoor netverzwaringen nodig zijn. Hierdoor kan tijdelijk geen nieuwe zon-pv worden aangesloten.

Grondstoffen: zonnepanelen bestaan uit verschillende materialen. Op massabasis bestaat het grootste gedeelte uit glas en aluminium. Het fotonvoltaïsche gedeelte (zonnecellen) wordt gemaakt uit silicium, wat overvloedig aanwezig is in de aardkorst. Daarnaast zijn er nog overige materialen die worden gebruikt in zonnepanelen. In de [Monitor Zon-PV 2024](#) wordt hier verder op ingegaan.

Ruimtelijke effecten

Voorkeurslocaties: in de [Omgevingsverordening](#) van de provincie Groningen staat de zonneladder, die de voorkeursvolgorde aangeeft voor nieuwe zon-pv-projecten:

- op daken en gevels;
- op gronden binnen het stedelijk gebied;
- op gronden met een andere primaire functie dan landbouwgrond, zoals voormalige slibdepots, gesloten stortplaatsen als bedoeld in Artikel 8.47 Wet milieubeheer en in werking zijnde zandwinningsplassen;
- op landbouwgronden.

Overig

Onderdeel van een divers energiesysteem: elektriciteit uit zon-pv is onderdeel van een divers hernieuwbaar energiesysteem. Door verschillende energie-opwektechnieken met opslag en conversie te combineren, ontstaat een robuust en betrouwbaar energiesysteem dat de samenleving op ieder moment van voldoende energie kan voorzien.

Colofon

Delft, CE Delft, februari 2025

Deze publicatie is geschreven door:

Charley Bakker

Frans Rooijers

Joeri Vendrik

Marieke Nauta

Publicatienummer: 25.240321.003-17

Opdrachtgever: Provincie Groningen

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.