



1

ENERGIE

UIT ZON

& WIND

VEEL KLEINSCHALIG

Zonne-energie kan op veel plekken worden opgewekt: op daken en gevels, boven fruitteelt, in de wegberm, op grote distributiecentra, noem maar op. Dit hoofdstuk laat allerlei opties zien. Met deze kleinschalige aanpak hoeft er minder grootschalig opgewekt te worden op weilanden of in de natuur. Dat is fijner voor de netwerkbedrijven en het roept minder weerstand op. Ook windenergie opwekken kan op verschillende plekken en op allerlei manieren met minder weerstand. Vanaf § 1.11 beschrijven we meer opties voor windenergie. Beide zijn nodig.



Er is meer dan genoeg ‘hard oppervlak’ om de doelen van de RES’en voor 2030 te halen. We gaven in dit hoofdstuk een voorzichtige inschatting van de potentie.

1.1 Zonnepanelen op daken

Er zijn in Nederland heel veel daken: van huizen, kantoren, stallen, sporthallen tot fabrieken en vele andere gebouwen. Er is veel minder weerstand in het publiek tegen zonnepanelen op dit soort oppervlakken (uitzondering: monumenten en andere bijzondere plekken) dan op weilanden en in de natuur.

Als gemeenten en anderen 50% van de geschikte daken voor 2030 zouden benutten, dan is dat voldoende om per jaar 27,8 TWh op te wekken (ofwel 100 PJ).¹ Meer mag natuurlijk ook. In de tabel staan verdere specificaties per provincie en hun potentie.² Zeker 60% van deze panden zijn woonhuizen.

Totaal PJ/jaar potentieel	Aantal panden x 1000	Potentiële opwekking TWh per jaar	Potentiële opwekking PJ per jaar
Noord Brabant	1.582	10,5	37,9
Zuid Holland	1.471	8,5	30,7
Gelderland	1.266	7,4	26,7
Noord Holland	1.150	6,3	22,7
Limburg	679	4,8	17,1
Overijssel	697	4,6	16,4
Utrecht	603	3,0	10,9
Friesland	423	2,8	9,9
Groningen	345	2,2	8,0
Drenthe	338	2,1	7,7
Zeeland	290	1,8	6,3
Flevoland	215	1,5	5,5
Nederland totaal	9.059	55,5	199,8

Potentiële opwekking op Nederlandse daken per provincie. Bron: Deloitte-nl-data-analytics-state-of-the-state-zonnepanelen.pdf (2017); middelste kolom Urgenda

1. Getallen in PJ per jaar delen door 3,6 voor aantallen TWh per jaar.
2. Potentie aan PV per gemeente Nederland. <http://www2.deloitte.com/nl/nl/pages/data-analytics/articles/zonnepanelen.html>

VOORBEELDPROJECT



'Zon Op Alle Daken'

Hoe meer energie we op daken opwekken, hoe minder er op andere plekken hoeft te worden opgewekt. Toch blijven veel grotere daken leeg, vaak om financiële redenen. Dat is zonde. Daarom is Zon Op Alle Daken³ gestart, dat coöperatief zonprojecten op lege daken realiseert waarmee dakeigenaren direct geld verdienen. Het gaat om daken waar minimaal 50 panelen op passen, en dat zijn er verrassend veel. Het initiatief is opgezet om op alle geschikte daken energie op te wekken én om iedereen de kans te bieden energieproducent te worden en te profiteren van de energietransitie, dus ook mensen die zich geen zonnepanelen kunnen veroorloven. Het werkt zo. Dakeigenaren melden hun dak aan bij Zon Op Alle Daken.

Met een satellietscan wordt de potentie in beeld gebracht waarna de technische details en het 'huiswerk' worden bepaald. Zon Op Alle Daken matcht dakeigenaren en coöperaties zonder dak, of verenigt zoekende mensen

uit de buurt in een coöperatie. Afspraken komen in een opstalovereenkomst. Het dak komt 15 jaar (of langer) ter beschikking van de coöperatie, en de vergoeding voor de dakeigenaar wordt afgesproken. Begeleid door Zon Op Alle Daken regelt de energiecoöperatie de subsidieaanvraag, verzekeringen, berekeningen, aansluiting op het net enzovoort. De dakeigenaar wordt ontzorgd. De coöperatie kiest een installateur die de installatie plaatst, en Zon Op Alle Daken keurt de veiligheid. Daarna kan de zon gaan schijnen: de leden van de energiecoöperatie zijn energieproducent en verdelen de opbrengst, en de dakeigenaar verdient ermee. Omdat Zon Op Alle Daken de Subsidieregeling Coöperatieve Energieopwekking (SCE) toepast, wordt elk dak 100% lokaal en coöperatief ontwikkeld. Geen cowboys die er met de poet vandoor gaan, maar buurtbewoners die als energiecollectief aan de slag gaan en zelf profiteren van de opbrengst.

3. www.zonopalledaken.nl

In de volgende paragrafen volgen allerlei andere specifieke suggesties om meer duurzame energie op te wekken op plekken waar minder weerstand is.

1.2 Panelen aan de gevels

Panelen op daken zijn in de meeste gevallen vergunningsvrij. Als je panelen aan een muur of wand wilt hangen, dan is een vergunning van de gemeente noodzakelijk. Mede daarom gebeurt dat misschien niet zo vaak. Ook levert het iets minder stroom op dan onder een hoek van 30 graden op een dak. Maar er komt nog steeds een flinke hoeveelheid stroom van een muur, meer dan in het algemeen wordt gedacht.

Uit instralingstabellen met een veiligheidsmarge van 90% volgt voor een verticale muur en oriëntatie ten opzichte van de zon:

Zuid: 66% van maximale opbrengst

Zuidoost: 63% van de maximale opbrengst

Zuidwest: 61% van de maximale opbrengst

Voor zonnepanelen op gevels zijn er mooie oplossingen in allerlei kleuren en van verschillende materialen.

Het is de moeite waard om vaker naar verticale oppervlakken te kijken. Er zijn tegenwoordig mooie oplossingen in allerlei kleuren en van verschillende materialen.

Er zijn zonnepanelen die op stenen lijken en daardoor van een afstand totaal niet opvallen. Er zijn ook effen zwarte zonnepanelen die er niet meteen uitzien als een zonnepaneel, maar die wel tot een energieleverend gebouw kunnen leiden. Op de volgende bladzijde staan voorbeelden van verschillende typen gevel-zonnepanelen.

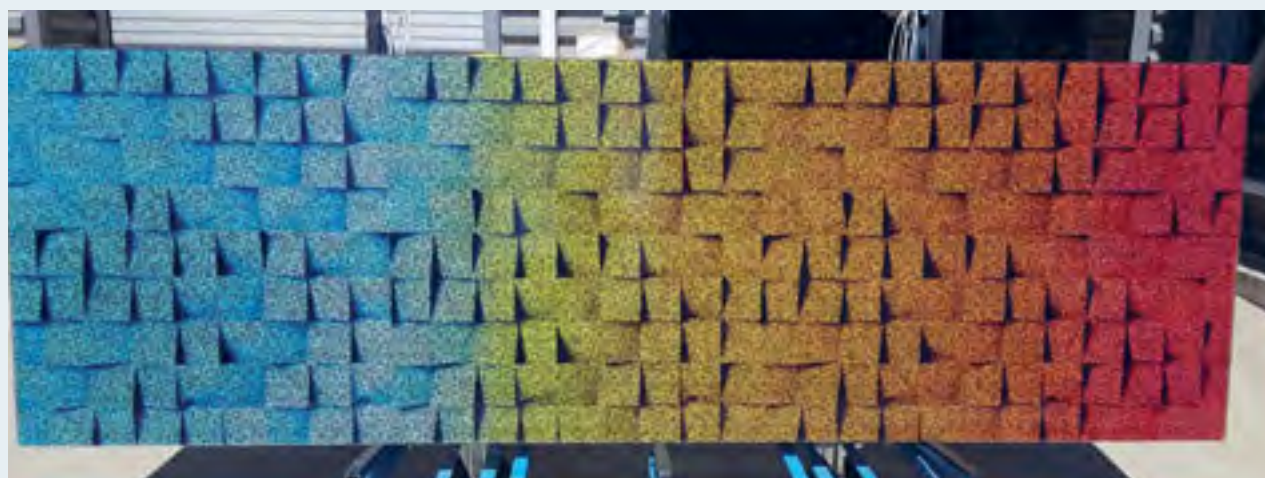
4. <https://www.uu.nl/sites/default/files/roadmap-pv-systemen-en-toepassingen-final.pdf>

Opbrengst van gevels

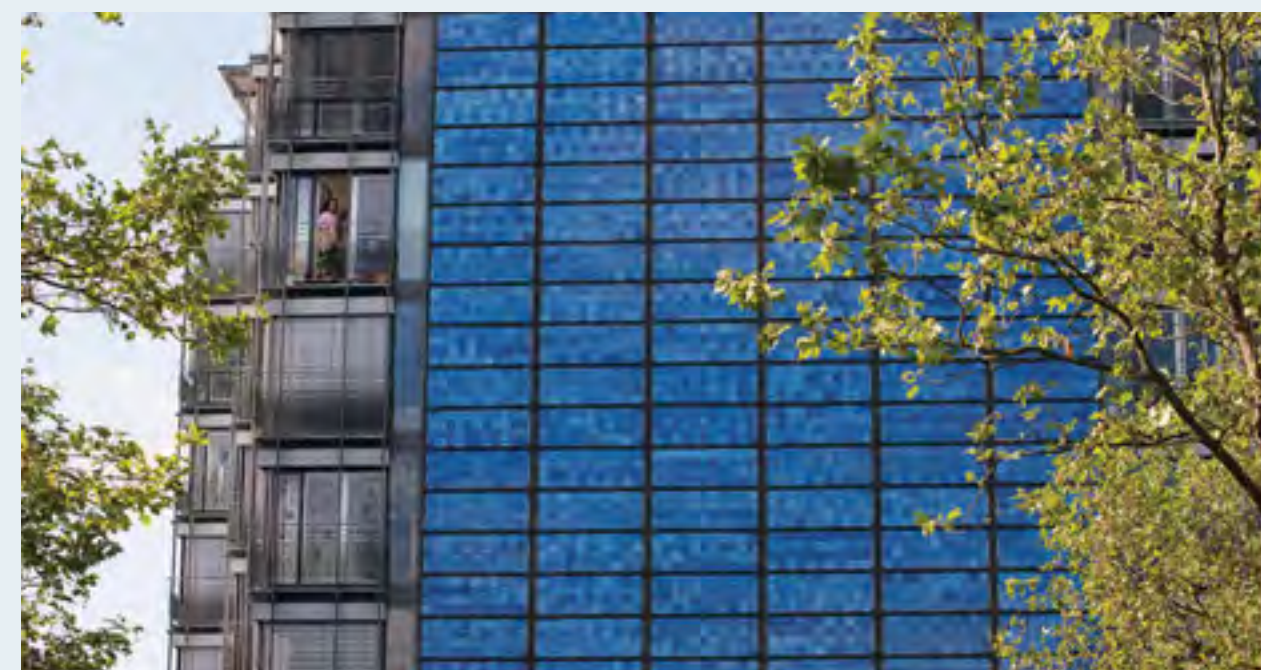
Gevels van woonhuizen plus die van commercieel vastgoed in heel Nederland leveren samen 1.125 km² aan geveloppervlak.⁴ Als je die gevels efficiënt benut (58 Wattpiek/m²) en je beschouwt alleen de gevels tussen zuidoost en zuidwest (25% van de gevels), dan kunnen we bij benutting van 10% van die gevels bijna 1,4 TWh per jaar aan energie van de wand halen (5 PJ).

Op 100 m² gevel past 5.800 Wattpiek (Wp) en dat levert tussen zuidoost en zuidwest 3.100 kWh per jaar aan duurzame stroom. Als je gevels efficiënter kunt beplakken met kleinere gevelpanelen, dan past er wel meer op dan 58 Wp per m².





Er zijn zonnepanelen die het uiterlijk hebben van de gevel, zodat ze niet opvallen. Bijvoorbeeld de bakstenen. Andere zijn juist blikvangers door hun kleuren en vormgeving. Solar Visuals maakt ze allemaal.



Ook op hoogbouw is het mogelijk om gevels vol te hangen met zonnepanelen. Een zonnegevel levert veel meer stroom op dan de meeste mensen denken.



1.3 Schooldakrevolutie

Nederland telt zo'n 8.500 schooldaken. Vaak perfecte daken voor zonnepanelen. Toch zijn er maar 2.000 scholen met panelen op het dak. Er ligt dus een enorme kans voor 6.500 scholen om zonne-energie op te wekken. De Schooldakkaart van de Stichting Schooldakrevolutie op de volgende bladzijde maakt dit goed duidelijk.⁵ Deze stichting is aanjager van meer zonnepanelen op schooldaken.⁶ Het doel: alle scholen in 2025 een zonnedak.

Schoolgebouwen zijn maatschappelijk vastgoed en ze zijn belangrijk om in te zetten in de RES'en. Met zonnepanelen dringen scholen hun CO₂-uitstoot terug. En de investering verdient zichzelf binnen 6 tot 10 jaar terug. Dat geldt zowel voor basisscholen als voor scholen voor voortgezet onderwijs die vaak een grootverbruikersaansluiting hebben. De besparing op de energierekening kan meteen op school worden ingezet voor verdere verduurzaming en voor het onderwijs.

In februari 2021 zaten er ruim 1,4 miljoen kinderen op de basisschool⁷ en telde het voortgezet onderwijs ruim 934.000 scholieren⁸. Elke leerling heeft op school de energie van minstens één zonnepaneel nodig. Nederland zijn dat in totaal ruim 2,7 miljoen zonnepanelen.

5. <https://schooldakrevolutie.nl/dakscan/>

6. <https://schooldakrevolutie.nl/>

7. www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/83295NED

8. <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80040ned/table?fromstatweb>

Opbrengst zon op schooldaken

Als alle schooldaken zonnedaken worden, levert dat 0,55 TWh per jaar aan stroom op. Dan doe je net zo veel als wanneer je 100.000 woningen energieneutraal maakt of van 130 km naar 120 km per uur gaat.

0,55
TWh

Alle schooldaken in Nederland zijn gescand, en op basis van het oppervlak is voor elke school berekend hoeveel panelen er op het dak passen. Voor scholen is een zeer gunstige lening beschikbaar, en stichting Schooldakrevolutie staat klaar om scholen te helpen met de uitvoering. Er is dus geld, er is ondersteuning en er zijn 6.500 lege schooldaken. Kortom: scholen, waar blijven jullie? We roepen gemeentes dan ook op om schoolbesturen te attenderen op de Schooldakrevolutie.

Het geld ligt klaar,
de ondersteuning is er ook.
Waar blijven de scholen?

Zeer gunstige lening

Eind 2019 stuurde minister Ollongren alle schoolbesturen en gemeenten een brief waarin ze wijst op de Scholen Energiebespaarlening. Deze lening heeft de overheid samen met de Rabobank beschikbaar gesteld. Stichting Schooldakrevolutie is procesbegeleider voor deze lening met lage rente en zonder bijkomende afsluitkosten. De minister maakt ook duidelijk dat het rijk schooldakrevolutie ondersteunt.



De dakscan van School-dakrevolutie laat zien waar zonnepanelen liggen en waar niet. Alle rode stipjes zijn lege schooldaken, goed voor duizenden zonnepanelen!



Onafhankelijke begeleiding door Schooldakrevolutie

Stichting Schooldakrevolutie werkt samen met kenniscentrum Ruimte-OK en partijen uit de regio's. De stichting zet regio-ambassadeurs in voor ondersteuning aan gemeenten. Ook biedt Schooldakrevolutie via schooldakcoaches hulp aan schoolbesturen. Omdat gemeenten en besturen meestal gedeeld eigenaar zijn van schoolgebouwen, organiseren de aanbieders regionale bijeenkomsten voor beide partijen gezamenlijk, zo nodig via webinars. Daarin geven ze informatie over energiebesparing, energieopwekking en educatie.

Zeker als de Integrale HuisvestingsPlannen en MeerjarenOnderhoudsPlannen helder zijn, kunnen de schooldakcoaches met de schoolbesturen hun vastgoedportefeuilles in kaart brengen. De schooldakcoaches van Schooldakrevolutie zijn onafhankelijke begeleiders voor schoolbesturen in besluitvorming en het plaatsen van zonnepanelen. Ze geven advies over de investeringscasus, financiering, offerteaanvraag, verzekering, btw-teruggaaf, educatie en de samenwerking met de gemeente. De cijfers worden op een rij gezet om snel aan de slag te gaan.⁹

9. Voor meer informatie: Cilian.Terwindt@schooldakrevolutie.nl



Basisschool St. Jozef in Oudewater

Leerlingen en de omgeving meenemen
Zonnepanelen plaatsen is meestal de opstap naar meer duurzame maatregelen op school. In combinatie met educatie over groene energie draagt dit bij aan de vorming van een volgende bewuste generatie. De energietransitie is óók een sociale transitie. Met het verduurzamen van een school bereik je alle kinderen, ook diegenen die van huis uit minder snel in aanraking komen met verduurzaming. De groene bewustwording springt over van kinderen naar ouders en de buurt.



Christelijk Lyceum Delft

In de tabel staat per RES-regio het aantal geschikte schoolgebouwen, het mogelijke aantal zonnepanelen, de opwekpotentie en de CO₂-besparing. In totaal kan op alle scholen 0,5 TWh worden opgewekt. Alle achterliggende gegevens zijn beschikbaar.

Schooldakrevolutie begeleidt scholen bij verduurzaming. Schoolbesturen gaan over gemeentegrenzen heen, dus een collectieve aanpak loont.



RES-regio	Aantal scholen	Aantal zonnepanelen	Stroom-productie TWh/j	CO ₂ -reductie ton per jaar
Achterhoek	148	36.167	0,011	5.884
Alblasserwaard	45	13.060	0,004	2.175
Amersfoort	103	23.945	0,007	4.067
Arnhem Nijmegen	194	52.320	0,015	8.543
Cleantech Regio	147	33.486	0,009	5.232
Drechtsteden	120	33.381	0,010	5.655
Drenthe	224	51.871	0,015	8.302
Flevoland	196	73.674	0,022	12.399
Foodvalley	135	34.904	0,010	5.650
Friesland	354	110.600	0,034	18.958
Fruitdelta Rivierenland	122	27.882	0,008	4.459
Goeree-Overflakkee	33	7.351	0,002	1.299
Groningen	297	80.491	0,023	13.027
Hart van Brabant	140	38.886	0,012	6.543
Hoeksche Waard	44	10.500	0,003	1.835
Holland Rijnland	188	53.747	0,017	9.247
Metropoolregio Eindhoven	273	69.404	0,21	11.514
Midden-Holland	98	27.660	0,009	4.833
Noord- en Midden Limburg	191	63.962	0,019	10.818
Noord-Holland Noord	254	76.201	0,024	13.175
Noord-Holland Zuid	656	161.153	0,048	26.489
Noord-Veluwe	87	21.310	0,006	3.447
Noordoost Brabant	223	52.326	0,016	8.772
Rotterdam-Den Haag	879	266.446	0,083	46.255
Twente	285	80.585	0,024	13.317
U16	336	90.364	0,027	15.222
West-Brabant	247	58.320	0,018	9.787
West-Overijssel	228	58.324	0,017	9.551
Zeeland	216	57.153	0,018	10.146
Zuid-Limburg	214	76.616	0,023	12.857
TOTAAL	6.677	1.842.089	0,557	309.457

Het aantal geschikte schoolgebouwen, het mogelijke aantal zonnepanelen, de potentiële productie en de CO₂-reductie in maart 2021. Bron: Stichting Schooldakrevolutie/Urgenda. Grondslagen: PV panelen van 340 Wp. Besparing CO₂-uitstoot: 0,556 kg/kWh

DE EERSTE ZONNEPROJECTEN LANGS NEDERLANDSE SNELWEGEN ZIEN WE AL

© Branko de Lang



Als je de zonnepanelen zo legt als op het proefpaneel op deze foto, dan heb je 5 m² PV per strekkende meter snelweg. Dat is 5.000 m² PV per kilometer snelweg met een vermogen van 1.000.000 Wp, dat wil zeggen 650.000 kWh per jaar per kilometer snelweg. Elke kilometer snelweg levert dan genoeg elektriciteit voor 200 huishoudens.

1.4 Zon langs wegen

Langs de snelweg en in de vorm van geluidsschermen

Langs, tussen, naast en boven wegen kan ook veel zonne-energie opgewekt worden. Weer een mooie vorm van multifunctioneel ruimtegebruik.

De eerste projecten met zonnepanelen langs snelwegen zien we al op een aantal plekken in Nederland. Rijkswaterstaat stelt wel eisen aan wegen waarlangs panelen geplaatst worden. Eén eis is dat in de wegberm minstens 10 tot 13 meter vrijgehouden moet worden. Op de ruimte daarnaast mogen zonnepanelen worden geplaatst.

Er zijn nog vele andere mogelijkheden, waarbij je per strekkende meter snelweg meer of minder zonne-energie kunt opwekken. Dat zijn keuzes.

Ook zon langs de snelweg is een goed voorbeeld van dubbel ruimtegebruik dat veel energie oplevert.

13
TWh

De opbrengst langs de snelweg

Holland Solar schat in dat er in heel Nederland zo'n 100 km² beschikbaar is voor zonne-energie langs wegen. Panelen leveren de optimale opbrengst als ze op het zuiden gericht zijn. De oriëntatie is niet overal optimaal zuid. Daardoor daalt opbrengst per Wp van 0,85 kWh naar circa 0,65 kWh per Wp. Als de panelen goed op het zuiden georiënteerd zijn, zou het 13 TWh per jaar aan energie kunnen opleveren langs de weg (47 PJ per jaar).



1.5 Zon boven parkeerterreinen

Boven parkeerterreinen is het heel goed mogelijk om energie op te wekken. In Nederland is een oppervlak van ongeveer 50 km² geschikt voor zonne-energie. Zo'n 17% van de parkeerplekken ligt op een parkeerterrein en 80% bevindt zich langs de weg.¹⁰ De plekken langs de weg rekenen we niet mee.

6,25 TWh

Opbrengst van zon op parkeerterrein

Gemiddeld kun je op 100 m² parkeerterrein 15.000 Wp aan panelen neerleggen, dat levert 12.750 kWh gemiddeld per jaar op. Op 50 km² geschikt oppervlak kunnen zonnepanelen 6,25 TWh per jaar leveren (ofwel 22,5 PJ) voor heel Nederland. Dit is als je rekent met 150 Wp per m².

Er zijn mooie voorbeelden van energie opwekken boven parkeerterreinen, zoals bij de TT in Assen en het festival Lowlands. Ook bij supermarkten kan het, zoals bij de Lidl in Woerden. In Noord-Holland is er de tool 'Park the sun', waarmee parkeerplaatsen worden ingericht als solar carports. Daar zijn mooie voorbeelden van schaduwrijk parkeren.¹¹

De parkeerplaats bij festivalterrein van Lowlands in Biddinghuizen wordt permanent overkapt met 90.000 zonnepanelen. Solarfields legt het zonnepark aan. De opgewekte elektriciteit maakt het gebruik van generatoren grotendeels overbodig. Als er geen evenementen zijn, wekken de zonnedaken genoeg stroom op voor 10.000 huishoudens.¹²



De Lidl in Woerden ligt vol zonnepanelen, óók op de parkeerplaats.

10. De toekomst van parkeren (P1): https://www.pl.nl/fileadmin/pdf/P1_dossier5_1apr08.pdf

11. Kennissessie Energieregio Noord-Holland Zuid: <https://energieregionhz.nl/meervoudig-ruimtegebruik>

12. <https://www.omroepflevoland.nl/nieuws/177797/parkeerplaats-bij-festivalterrein-wordt-zonnepark>



© Branko de Lang

1,1 TWh

1.6 Zon boven fruitteelt

Nederland heeft 20.442 hectare aan terreinen voor open fruitteelt waarboven in potentie lichtdoorlatende panelen geplaatst kunnen worden.¹³ Voor lichtdoorlatende panelen boven zachte fruitteelt is in 2020 de eerste pilot van start gegaan. De eerste indrukken van zulke panelen boven frambozen zijn redelijk positief, de bijen vlogen bijvoorbeeld prima onder de panelen door.¹⁴ Zeker met toenemend warmere zomers is het voordelig om panelen te plaatsen boven het fruit. Onder de panelen is het namelijk 10 graden koeler dan onder traditioneel folie.

Opbrengst van zon boven fruit

Deze transparante zonnepanelen leveren 50% tot 80% op van wat niet-lichtdoorlatende panelen opleveren. In het slechtste geval van 50% opbrengst zou je in Nederland **als je alle fruit bedekt bijna 11 TWh per jaar (41 PJ) aan energie kunnen opwekken**. Ook als je maar 10 tot 20% van het fruit bedekt, levert dat een mooie hoeveelheid duurzame energie op:
Panelen boven 10% van het fruit: 1,1 TWh
Panelen boven 20% van het fruit: 2,2 TWh
Per hectare bedekt met panelen: 552.500 kWh.

In warmere zomers helpen zonnepanelen boven fruit ook voor koeling.

13. <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80780NED/table?dl=1525A>

14. <https://www.gfactueel.nl/Fruit/Nieuws/2019/8/Eerste-indrukken-frambozen-onder-zonnepanelen-466459E/>



Willem de Vries van GroenLeven en frambozenteler Piet Albers

'EEN ZONNE-INSTALLATIE IS VEEL ROBUUSTER DAN PLASTICFOLIE'

© Branko de Lang

Parkeerplaatsen, vuilstortplaatsen, het zijn plekken die een dubbelfunctie krijgen met zonnepanelen erboven. GroenLeven doet dat al jaren, en sinds 2 jaar ook boven de teelt van zacht fruit. Het levert naast schone energie nog andere winst op, vertelt Willem de Vries van GroenLeven. Fruitteler Piet Albers uit Babberich is er blij mee.

Willem, hoe ontstond het idee van zon boven fruit?

'We waren in gesprek over zon boven een ander project toen iemand opperde: mijn broer is fruitteler, zou dat daar ook kunnen? Wij dachten: waarom niet? Zon boven gewassen bestaat al langer in Zuid-Korea en Japan, en ook in Italië en Frankrijk. Daar is vooral subsidie de drijfveer. In Nederland is het nog vrij nieuw, en boven zacht fruit is het nog nergens eerder gedaan.'

Hoe pakt het uit voor zacht fruit?

'Heel goed. Zacht fruit staat onder plasticfolie om de vruchten te beschermen tegen instraling, hagel, vorst en storm. Veel van die foliekappen overleven storm en hagel niet, zoals we in maart zagen, en dat soort extreem weer gaat vaker voorkomen. Fruit dat na storm een tijdje 'bloot' staat, mag niet meer verkocht worden. Zonnepanelen zijn robuuster, die verminderen dat risico. En de teler moet folie elk seizoen opnieuw plaatsen en regelmatig vervangen, dan wordt het afval. Nog een voordeel is dat de omgeving panelen mooier vindt. Verder blijft onder panelen de temperatuur constanter, een effect dat we van tevoren niet hadden bedacht.'

Wat is het voordeel van die temperatuur?

'Dat het 's zomers niet knetterheet wordt en 's nachts minder afkoelt, is beter voor zacht fruit. De koelte in de zomer verhoogt ook de opbrengst van de zonnepanelen. Er valt wel minder licht op het fruit door de panelen, maar voor late teelt blijkt dat alleen maar gunstiger te zijn ten opzichte van plastic. GroenLeven test nu de productie vroeg in het seizoen bij 6 gewassen en verschillende typen panelen.'

Hoe is het financieel geregeld?

'GroenLeven doet de investering en verder gaat alles met gesloten beurs. De teler kan een klein deel van de stroom afnemen en de rest kan bijvoorbeeld naar een energiecoöperatie. De dubbelfunctie zou voor de overheid een reden moeten zijn om dit te ondersteunen. We lobbyen nu om zon boven fruit in de subsidie categorie van daken te krijgen.'

Wat is er bij telers nodig om dit aan te gaan?

'Vooral durf. We doen dit nog maar kort en telers willen graag zekerheid. Na onze pilots in Babberich en Wadenoijen weten we een paar dingen zeker: op kwaliteit lever je niet in, de houdbaarheid van het fruit is uitstekend. De productie ligt wel ietsje lager. We onderzoeken nu hoeveel, en of een langer seizoen dat compenseert.'

Fruitteler Piet Albers, wat is je ervaring tot nu toe?

'De eerste testpanelen waren minder lichtdoorlatend, toen was de opbrengst lager. Nu staan er andere panelen en dat scheelt. Het is allemaal heel robuust. Folie scheurt snel, zoals in een storm. En je zal zien, dat gebeurt dan nét tijdens de oogst, als je al handen tekortkomt. Het is ook prettig dat het in hete periodes wel 10 graden koeler aanvoelt onder de panelen. Dat werkt veel fijner, plus het voorkomt dat je frambozen staan te koken. En het hoeft maar 3 dagen extreem warm te zijn om je oogst te verliezen. Ja, ik ben er tot nu toe positief over.'

1.7 Zon langs het sportveld

Nederland telt zo'n 33.756 hectare aan sportvelden.¹⁵ De omtrek van een hectare is 400 meter. Dat levert bij 33.756 hectare een omtrek van 13.502 kilometer aan randen op. Er zijn ook voetbal- en tennisvelden die 2 tot 4 keer zo veel randen hebben. In totaal schatten we dat er 20.253 kilometer aan randen langs het sportveld liggen. 10% hiervan heeft een goede zoninval en is geschikt voor zonnepanelen langs het veld, dus 2.025 km.

0,2
TWh

Opbrengst langs het sportveld

Potentie voor zonne-energie langs sportvelden per jaar: 2.025.000 meter x 1 meter hoog x 150 Wp/m² x 0,61 kWh/Wp = 0,2 TWh per jaar (0,7 PJ).



© Branko de Lang

In Zeeland staan langs het veld bij Voetbalvereniging Wolfaartsdijk draaiende panelen van Softs met 3 zijden. Ze kunnen dienen als reclameborden voor sponsors, fijnstoffilters en zonnepanelen. Naast de draaibare panelen staat een ledscherm waarop bedrijven reclame kunnen maken.¹⁷

Een mooi voorbeeld van speciale zonnepanelen langs sportvelden is het project Green Boarding van Softs.¹⁶ Softs heeft speciaal voor buitensportverenigingen de multifunctionele Green Boarding ontwikkeld, waarbij een roterend systeem de sportvereniging de keuze geeft om bijvoorbeeld bij mooi weer de zonnepanelen naar voren te draaien en tijdens een wedstrijd de led-reclameborden.

Softs verhuurt de panelen en ontzorgt de sportclub volledig. De zonne-energie is voor de club en van dat geld kan de club verder verduurzamen. In juni 2019 is de kick-off begonnen met de eerste 25 voetbalclubs. Het doel is om de clubs van hun energierekening af te helpen, zonder initiële investeringen of kosten voor de club of de gemeente. Met het Softs Model dat bij de Green Boarding hoort, kan dit.

1.8 Zon op water

16% van het Nederlands oppervlak bestaat uit zoet water.¹⁸ Ook daar zijn vele plekken waar zonne-energie opgewekt kan worden. Het liefst natuurlijk op plekken met heel weinig ecologische of sociale waarde: niet midden in een natuurgebied of pal voor een recreatiegebied. Drijvende zonnepanelen zijn kwetsbaar voor golfslag, dus hoe minder golven, hoe beter. Dat maakt bassins voor waterzuivering, klein binnenwater, klein recreatiewater en kleine zandwinplassen zeer geschikt.



Roterende zonnevelden

Er zijn ook roterende zonnevelden: op water. Hierbij draait het zonneveld met de zon mee door middel van een tractielier. De panelen draaien heel langzaam met de zon mee onder een vaste hellingshoek. Dit kost nauwelijks energie. Dergelijke constructies zijn duurder dan vaste systemen, maar leveren aanzienlijk meer op. De energieopbrengst van een roterend veld is naar schatting 25% hoger dan een veld gericht op het zuiden met een hellingshoek van 30 graden en ruim 30% hoger dan het standaard gesloten systeem met een hellingshoek van 12 graden.



Drijvende zonneparken

In 2018 is in Lingewaard het grootste drijvende zonnepark van Europa gerealiseerd op een gietwaterbassin voor de tuinbouw. Zo'n 6.150 panelen leveren daar stroom voor ongeveer 600 huishoudens. Panelen op water kunnen in potentie 5% meer opbrengen door de natuurlijke koeling van de panelen door het water. Een bijkomend voordeel van dit zonnepark is dat de panelen algengroei tegengaan. Bij gebruik van bifaciale panelen (tweezijdige panelen) kan het rendement nog groter worden door de reflectie van licht op water.

2,5
TWh

Opbrengst van zon op water

1 GWh per jaar opbrengst per hectare is goed mogelijk als 50% van het wateroppervlak van die hectare benut wordt. Als we in Nederland 25 km² ofwel 2.500 hectare benutten, levert dat 2,5 TWh per jaar aan stroom op.

¹⁵ 1% van Nederland is sportveld. www.binnenlandsbestuur.nl/ruimte-en-milieu/nieuws/een-procent-van-nederland-is-sportveld.173386.lynx

¹⁶ <https://www.softs.world/nl/green-boarding-project>

¹⁷ <https://www.allesoversport.nl/thema/vitale-sportsector/een-laadpaal-zonnepanelen-en-ouderensport-bij-vv-wolfaartsdijk/>

¹⁸ https://blueterra.nl/wp-content/uploads/2019/04/werkboek_zon_op_water_DEF-gecomprimeerd.pdf

1.9 Zon langs grasland

In 2018 had Nederland 907.000 hectare grasland¹⁹ (exclusief het natuurlijke grasland). In plaats van vruchtbare akkerbouwgrond vol te leggen met panelen, kan er ook voor gekozen worden om enkel langs de randen van grasland panelen te leggen. Een weiland kan aan elke gewenste kant omrand worden met panelen, omdat de panelen aan de 'noordkant' van een weiland ook op het zuiden gericht kunnen worden. Een groot paneel heeft een oppervlak van 2 m².

3,4 TWh

Opbrengst van zon langs gras

100 meter akkerrand kan per jaar aan energie opleveren: $100 \times 400 \text{ Wp} \times 0,85 \text{ kWh/Wp} = 34 \text{ MWh}$. Dat is 0,34 MWh per meter per jaar.

Stel dat 10% van de graslanden omzoomd zou worden met zonneranden, dan zou dat per jaar 3,4 TWh (12,4 PJ) potentieel kunnen opleveren. Dit is geen voorstel om dat overal te doen, het geeft een indicatie.



Tweezijdige (bifaciale) panelen

Op sommige plekken wil je wellicht helemaal geen panelen boven het gras, maar kun je rechtopstaande tweezijdige (bifaciale) panelen gebruiken als afscheiding of omheining. Deze tweezijdige panelen geven 20% tot 40% meer opbrengst dan eenzijdige panelen.



Bifaciale of tweezijdige panelen kunnen uitstekend dienst doen als afscheiding en leveren veel stroom op.

Opbrengst tweezijdige panelen

Bifaciale panelen leveren 260 kWh per m² per jaar ($200 \text{ kWh/m}^2 + 30\%$). Bij een erfafscheiding van 2 meter hoog zouden bifaciale panelen per 100 meter akkerrand per jaar 52 MWh aan stroom opleveren.

In plaats van óp het weiland kan zon ook lángs het weiland.

1.10 Zon op distributiecentra

Nieuwe distributiecentra worden vaak al opgeleverd met zonnepanelen. Maar veel oudere daken zijn nog leeg, omdat men denkt een te slecht dak te hebben. Er zijn echter ultralichte panelen die op de meeste distributiecentra wél kunnen. Die leveren misschien iets minder kWh op per m², maar je kunt wel bijna het hele dak gebruiken, want je hoeft geen open rijen te houden vanwege de schaduw, zoals bij 'normale' opstaande panelen op een plat dak. Op dit moment schijnt vooral de verzekering roet in het eten te gooien. Wellicht dat overheden een rol kunnen vervullen om die barrière weg te nemen door garant te staan of afspraken met verzekeraars te maken.

We geven een voorbeeld van twee relatief jonge Nederlandse bedrijven die lichte zonnepanelen maken voor daken die het gewicht van 10 kilo per m² van standaard panelen niet kunnen dragen. HyET Solar produceert buigbare dunne-filmpanelen (Powerfoil) en Solarge maakt 'stijve' lichtgewicht panelen. De Powerfoil is ultralicht, ongeveer 0,6 kilo per m², en kan op gebogen oppervlakken. Solarge vervangt het standaard paneel. Het is wat zwaarder, 4 kilo per m², en heeft een iets hogere opbrengst, en het is circulair. Kortom: er is voor elk dak een geschikte oplossing.



Het dak van IKEA in Duiven ligt vol dunne-filmpanelen van HyET Solar. Deze lichte panelen zijn zeer geschikt voor dit dak dat niet veel gewicht kan dragen.

Opbrengst dunne-filmpanelen op distributiecentra

In 2018 had Nederland zo'n 13.806 hectare uitgegeven oppervlakte aan bedrijventerreinen.²⁰ Stel dat 20% hiervan bestaat uit slechte distributiecentradaken, dan zouden dunne-filmpanelen een bijdrage kunnen leveren van bijna 1,4 TWh per jaar aan zonne-energie (bijna 5 PJ).²¹

Solarge

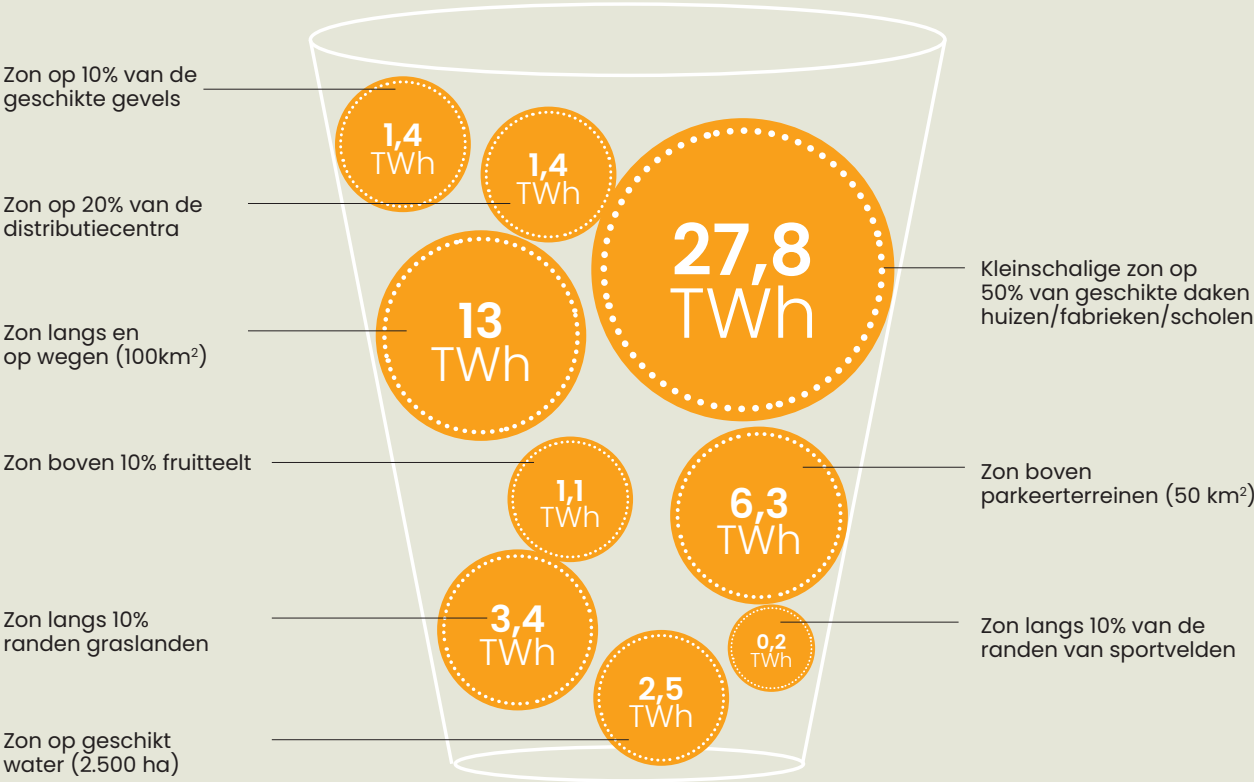
Powerfoil van HyET

19. <https://www.clo.nl/indicatoren/nl2119-agrarisch-grondgebruik>

20. <https://provincies.pleio.nl/file/group/58126136/all#58126585> IBIS_NL_2018_20190125.xlsx

21. Per 100 m² wordt 5,8 kWp gerealiseerd. We rekenen met 1 Wp = 0,85 kWh. Bron: MilieuCentraal

OPLOSSINGEN VOOR ZON OP LAND, VEELAL KLEINSCHALIG



SAMENVATTING POTENTIE ZONNE-ENERGIE

Deze samenvatting is gebaseerd op de eerdere paragrafen en de voorzichtige aannames die we daarin deden voor Nederland. Het zijn ideeën en indicaties van wat mogelijk is. Het zegt niet dat we in Nederland al die mogelijkheden moeten benutten, maar het laat wel zien dat er meer dan voldoende hard oppervlak is om de hele opgave die we hebben voor zonne-energie daar te beleggen. We hoeven niet vaak uit te wijken naar weilanden en natuurgebieden. Er kan zelfs meer op hard oppervlak, want zoals hierna te zien is, rekenen we met slechts 50% van alle daken, 10% van alle gevels, enzovoorts. We benutten nooit de hele potentie, dus er kan zelfs meer!

Er is ruimte genoeg om te kiezen.
Ter indicatie: **het totale elektriciteitsverbruik in Nederland is nu circa 113 TWh per jaar.**
Dat zal in de toekomst stijgen als we steeds meer gaan elektrificeren.

In ons huidige systeem met centrales op aardgas en steenkool veroorzaakt het maken van 1 kWh elektriciteit 0,556 kg CO₂. **Voor het maken van 1 TWh elektriciteit is dat nu dus 0,556 Mton CO₂.**

KLEINSCHALIG ZON	Potentie in TWh/jr*	Potentie in PJ/jr	CO ₂ -besparing in Mton/jr
Op 50% van geschikte daken huizen/fabrieken	27,8	100	15,5
• waarvan op scholen 0,55 TWh/jr			
Op 10% van de geschikte gevels	1,4	5	0,6
Langs wegen (100 km²)	13	46,8	7
Boven parkeerterreinen (50 km²)	6,3	22,5	3,5
Boven 10% fruitteelt	1,1	4,1	0,6
Langs 10% van de randen van sportvelden	0,2	0,7	0,1
Op geschikt water (2.500 ha)	2,5	9	1,4
Langs 10% randen graslanden	3,4	12,4	1,9
Op 20% van distributiecentra (dunne-filmpanelen)	1,4	5	0,6
Totaal	57,1	205,5	31,6

* Afgerond op 1 decimaal.

Nóg meer potentie

Er is nog veel meer potentie die we niet eens hebben benoemd, omdat we niet voor al te optimistisch versleten willen worden. Het rapport *Roadmap PV Systemen en Toepassingen* van de Universiteit Utrecht uit december 2017 (in opdracht van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) in samenwerking met de TKI Urban Energy)²² beschrijft ook een reeks **mogelijkheden voor zonne-energie, die zelfs optellen tot 715 PJ in 2050.**

Andere opties

Nu is het verstandig en noodzakelijk om niet alleen gebruik te maken van zonne-energie, maar zeker ook van windenergie.

Daarnaast zijn er andere mogelijkheden, zoals aardwarmte. Vele andere opties bespreken we verderop in dit hoofdstuk.

22. www.uu.nl/sites/default/files/roadmap-pv-systemen-en-toepassingen-final.pdf

ZON KAN OP ONVERMOEDE PLEKKEN



Zon op de Eemshavendijk

In Groningen Seaports legt Solarfields aan de zuidkant van de Eemshavendijk over 5 kilometer panelen op de binnendijk. Op de noordkant grazen de schapen. Dit is het grootste zonneproject op een dijk in Nederland: het voorziet ruim 2.300 huishoudens van energie. Het is complex om op een dijk te bouwen, maar het kan dus.



Zon op zandwinningplas in Zwolle

Op de zandwinplas de Bomhofspas in Zwolle ligt het grootste drijvende zonnepark van Europa en buiten China. De 72.000 panelen wekken 27,3 MW op, genoeg voor 7.000 huishoudens. Dat scheelt 13.660 ton CO₂-uitstoot per jaar. Behalve de unieke omvang is er nog iets bijzonders: het park is in lokaal eigendom. Bij de aanleg door GroenLeven was er veel aandacht voor ecologie, want met biohutten wordt de biodiversiteit onder water gestimuleerd, en dankzij de verankering aan de bodem is er geen belasting voor de flora en fauna in de oevers. Ook zijn de panelen lichtdoorlatend en liggen er lichtstraten tussen de panelen.



Zon op vuilstort in Zutphen

In maart 2018 legde Solarfields als een van de eerste in Nederland een zonnepark aan op een vuilstortlocatie, en met deze ervaringen is het bedrijf opnieuw aan de slag gegaan met een zonnepark op een voormalige vuilstortlocatie, deze keer in de meest noordwestelijke punt van Zutphen: Fort de Pol. De naam verwijst naar een fort dat er ooit stond. De vuilstortplaats ligt in de IJsselvallei met aan de westkant de IJssel, aan de noordkant het Twentekanaal en aan de zuidzijde bedrijventerrein De Mars. Het terrein bestaat uit 3 plateaus. Daarvan bieden het bovenste plateau, het zuidtalud en een deel van het westtalud plaats aan 5 MWp opgesteld vermogen in de vorm van 14.500 panelen. Met de 4,7 miljoen kWh opgewekte stroom worden sinds 2020 ongeveer 1.400 huishoudens bediend.



Zon op vloeivelden in Nieuw Buinen

Zonnepark Hollandia ligt in Nieuw Buinen in Drenthe. Het is in verschillende opzichten uniek. Het veld van 120 MW ligt op 100 hectare aan percelen voor (afval) wateropslag van aardappelmeelfabriek Avebe. Er is veel aandacht besteed aan het creëren van draagvlak. Het resultaat: geen belemmeringen voor de vergunning. Het park dat Solarfields aanlegt, ligt naast de grootste radiotelescoop ter wereld van Astron/Lofar, dus moet de uitstoot van E/M-straling vrijwel nihil zijn: een unicum in de wereld. Vanwege ruimtegebrek op het energienet gaat de stroom naar een gesloten systeem van Avebe.



Zonnepanelen in de middenberm of boven de weg

Wegen zijn te benutten voor opwekking van energie door zonnepanelen erboven of in de berm te plaatsen. Dit klinkt wellicht futuristisch, maar in Zuid-Korea gebeurt dit (zie foto hierboven). Nederland heeft een groot wegennetwerk met een behoorlijk potentieel.



Opbrengst van panelen boven de weg

Waarom leggen we massaal weilanden vol, terwijl we ook snelwegen kunnen overkappen met zonnepanelen? Daartegen is vast minder weerstand. Even rekenen:

- De gemiddelde breedte van een rijstrook van een autosnelweg is 3,5 meter.⁸
- Het snelwegennet van Nederland heeft een totale lengte van 2.360 kilometer.⁹
- Snelwegen hebben minimaal 2x2 rijstroken.
- Samen hebben de snelwegen dus minstens een oppervlakte van $4 \times 3,5 \times 2.360.000 = 33.040.000 \text{ m}^2$.

Als we alle snelwegen in Nederland overkappen en uitgaan van 1 ha zon (= 3,42 TJ/jr), zou dat 3,14 TWh per jaar aan energie opleveren (11,3 PJ). Als het een bezwaar is dat panelen weinig lichtdoorlatend zijn, zijn (semi-) transparante panelen mogelijk.

Zon rond het spoor

ProRail heeft in 2010 de mogelijkheid onderzocht om zonnepanelen boven spoorlijnen te leggen.¹⁰ De conclusie luidde toen dat het financieel onaantrekkelijk was en dat de praktische uitvoerbaarheid ook slecht was. Inmiddels zijn we 10 jaar verder, zijn de prijzen spectaculair gedaald en hebben we het over een periode van nog eens 10 jaar. Daarom willen we toch de mogelijkheid nog eens ter overweging meegeven. Waarom niet denken in mogelijkheden in plaats van in problemen? Wereldwijd zijn er al allerlei creatieve oplossingen op en rond het spoor.



In Nederland worden stations gelukkig wel al benut voor het opwekken van zonne-energie. Zoals hier op Utrecht Centraal.

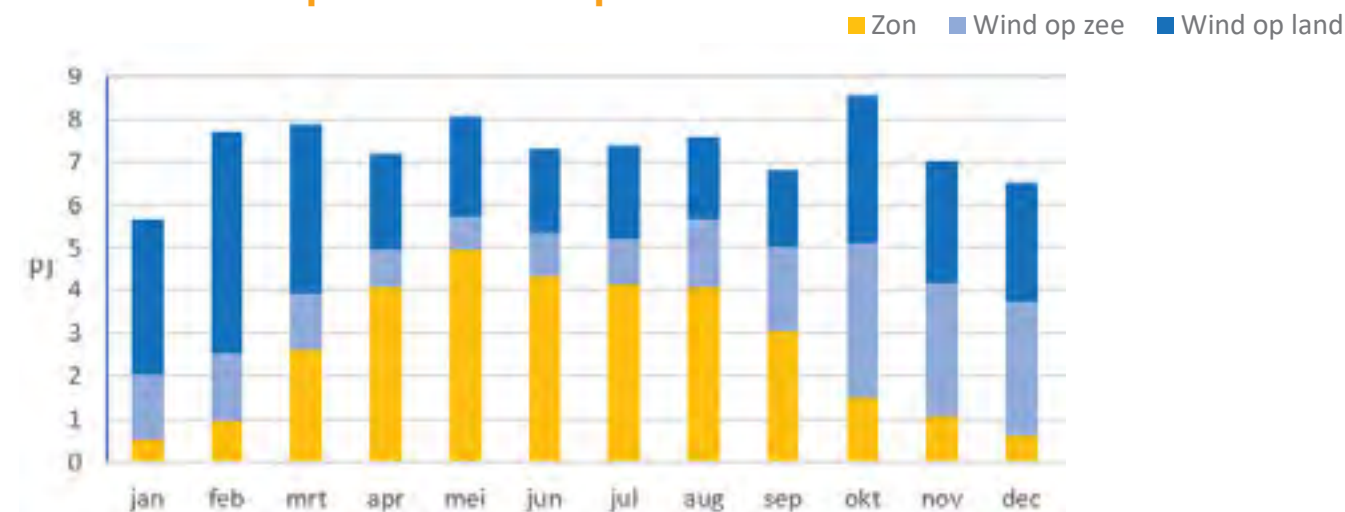
8. <https://gratistheorie.nl/Cursus/theoriecursus-auto/Hoofdstuk/algemene-bepalingen-verkeerswetgeving-deel-2/Paragraaf/rijstrook/>

9. <https://nl.wikipedia.org/wiki/Autosnelweg>

10. <https://www.treinreiziger.nl/prorail-ziet-af-van-zonnepanelen-boven-spoor-in-zutphen>

DAT WIL NIET ZEGGEN DAT IEDERE GEMEENTE PER SE 9 WINDTURBINES MOET PLAATSEN

1.11 Naast wind op zee ook wind op land



Opbrengst Zon PV en Wind 2020 (Staafgrafiek door Urgenda op basis van cijfers energieopwek.nl)

Windenergie en zonne-energie vullen elkaar op maandbasis goed aan (zie de grafiek hierboven). Windturbines zijn dus ook nodig, naast zonnepanelen. In de toekomst gaan we op dagen dat er te veel zon en wind is, de energie omzetten in waterstof of ammoniak of iets anders (afhankelijk van wie het waar omzet en voor welke doelen). Op dagen dat er een tekort is, kan dat eventueel weer in elektriciteit worden omgezet. Dit naast allerlei andere oplossingen voor opslag en slimmere netten waarmee we proberen de piekbelasting omlaag te brengen op bepaalde uren van de dag.

Tegen windenergie op land is vaak gestreden. Als bewoners uit de buurt mogen meedenken en meeprofiten van windenergie, stijgt het draagvlak aanzienlijk en krijgt men een 'onze molen'-gevoel. Mooie voorbeelden hiervan staan onder andere in Waterland en Friesland²³ en in Nijmegen-Betuwe.²⁴ (Zie ook pag. 48 t/m 51.) Als we minder op land willen en meer op zee dan hier geschetst, dan kan dat ook, als we bereid zijn om de consequenties te aanvaarden. Dat gesprek zouden we vaker moeten voeren, met getallen en gevolgen bij de hand.

Urgenda maakte met het EnergieTransitieModel (ETM) van Quintel en met hulp van tientallen experts een berekening: om in 2030 álle energie duurzaam op te wekken. Het Urgenda-scenario voor 2030 gaat uit van per gemeente 9 windturbines van 3,5 MW.²⁵ Dit natuurlijk naast alle andere vormen van duurzame energie, zoals heel veel wind op zee en veel zonne-energie. Inmiddels zijn we wat fusies verder, zijn er nog 355 gemeenten over en dus is het 9 of 10 windturbines van 3,5 MW per gemeente. Twee rijtjes van 4 of 5 windmolens op de lelijkste plekken van iedere gemeente, bijvoorbeeld bij een bedrijventerrein of langs de snelweg, zouden dan voldoende zijn.

Dat wil *niet* zeggen dat iedere gemeente per se 9 windturbines moet plaatsen. Als er op de Maasvlakte veel meer kunnen staan, dan kun je het groene hart ontzien. Als je er meer kunt plaatsen in de Amsterdamse haven, dan kun je er elders minder neerzetten. Of toch meer turbines op zee. Voor de 35 TWh die de RES'en moeten realiseren aan grootschalig zon en wind is al zo'n 10 TWh aan wind geplaatst en zit er nog eens bijna 12 TWh in de pijplijn van reeds toegekende SDE-subsidies. Meer dan voldoende: meer wind op land is dan niet nodig.²⁶

23. <https://www.urgenda.nl/themas/klimaat-en-energie/windmolens-met-draagvlak/>

24. <https://www.windparknijmegenbetuwe.nl/video-item/sociale-molens-in-nijmegen/>

25. <https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/155680>

26. Deze getallen komen van Martien Visser, op basis van Entrance, zie tweet van 12 maart 2021 en EenVandaag 11 maart 2021.

Het betekent wel dat er ‘maar’ 9 per gemeente nodig zijn voor het scenario van 100% duurzame energie in 2030, dus voor in totaal 12 GW (12.000 MW) vermogen. Dat zijn er slechts 4 à 5 per gemeente voor de doelen van het Energie- en Klimaatakkoord van 49% CO₂-reductie in 2030 (naast zon en de andere onderdelen van het scenario). Een stuk minder dan sommigen veronderstellen. We doen ook veel op zee, dus je hoeft niet alles in je eigen gemeente op te wekken.

In gunstige windgebieden (gebied I) zijn ongeveer 100 windturbines nodig om 1 TWh energie op te halen. In minder goede windgebieden (III) heb je er 143 van ruim 4 MW nodig voor dezelfde hoeveelheid energie. Het maakt dus wel uit waar windturbines geplaatst worden.

1.12 Andere typen windmolens

Behalve de grote ‘standaard’ windmolens zijn er ook andere types windmolens waar vaak veel meer draagvlak voor is onder de bevolking. Deze windmolens hebben wel een veel lagere potentie wat betreft de opwek van duurzame energie per turbine of molen of per oppervlak, maar kunnen meer draagvlak voor windenergie creëren. Deze initiatieven kunnen zo indirect misschien ook de weerstand tegen grote windmolens verkleinen. Ze zijn wel relatief duur per eenheid opgewekte energie.

In Groningen is er bijvoorbeeld een succesvol initiatief, gesteund door de provincie, om veel kleine windmolens van 12 meter hoog te realiseren, onder andere bij agrariërs. Deze windmolens kunnen rekenen op veel draagvlak bij bewoners in de buurt en bij boeren. In een windgebied met windsnelheden van gemiddeld 5 meter per seconde kun je 33.000 kWh per jaar ophalen.²⁷

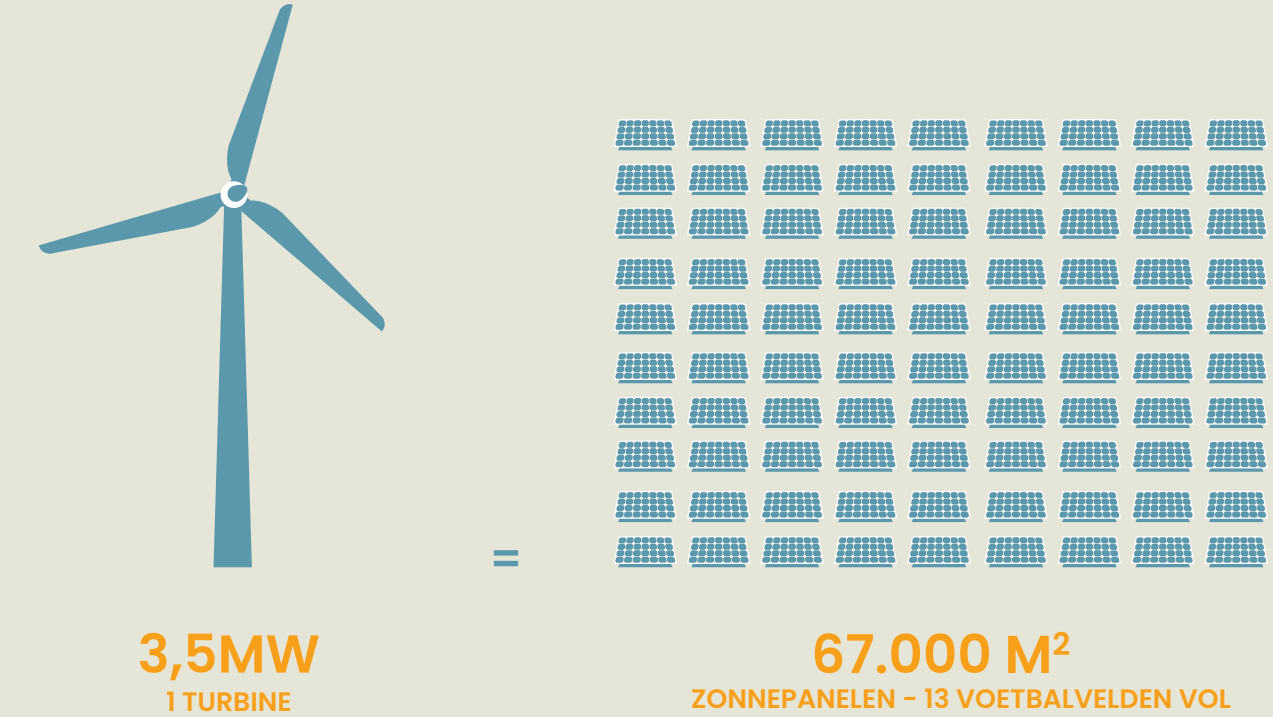
Soms wordt de financiering via crowdfunding gerealiseerd om lokale participatie te stimuleren.²⁸ In Groningen duurt de vergunningsprocedure slechts 8 weken. Dat helpt ook om te versnellen.



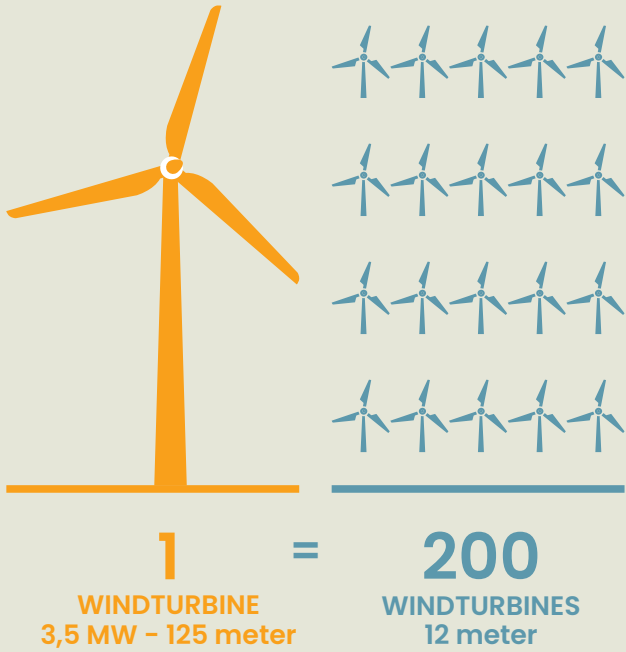
Groningse houten windmolen van EAZ Wind, 12 m hoog

27. Een kleine turbine die recent in Steenderen bij Apeldoorn is neergezet, levert 22.000 kWh per jaar. De terugverdientijd daar was 11 jaar. Dat zal in gebieden met meer wind dus veel sneller zijn.
28. <http://duurzaamduurswold.nl/molenaar-worden/>

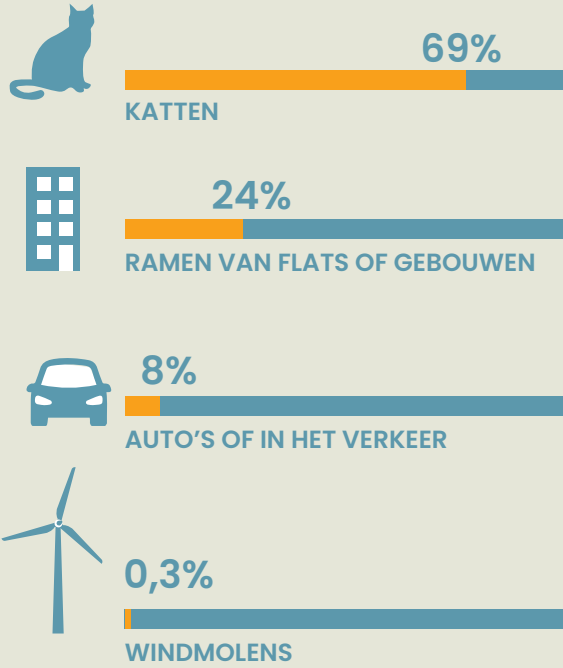
HOVEEL ZONNEPANELEN VERVANGEN 1 WINDTURBINE?



1 GROTE TURBINE OF VELE KLEINTJES?



GROOTSTE BOOSDOENERS BIJ VOGELSTERFTE (IN DE VS)



Bron: US Fish, Wildlife and Parks, 2018

WINDMOLENS MÉT DRAAGVLAK

Rond windmolens is nogal wat te doen. Op veel plaatsen gaan de hakken in het zand. Dat het ook anders kan, zien we bij deze projecten waarbij burgers zelf het heft in handen hebben genomen en daarmee veel draagvlak hebben gecreëerd.



Energiecoöperatie WPN (WindPowerNijmegen)

Aanvankelijk was niemand er blij mee, maar sinds december 2016 draaien er bij Nijmegen 4 windmolens van elk 2,5 MW en een tiphoogte van 150 meter. In recordtijd verkocht Energiecoöperatie WPN voor € 2 miljoen aandelen aan 1.013 coöperatieleden, waarna het project van start ging. Alle leden ontvingen in 2018 voor het eerst 7% rendement. Direct omwonenden kregen een financiële tegemoetkoming, en een nabijgelegen dorp, een wijk en 2 buurtschappen maken aanspraak op geld uit een omgevingsfonds, waaruit in 2018 al € 24.000 werd verdeeld over 7 projecten, waaronder glasvezel en een jaarlijks wijkfeest. In overleg met de omwonenden is de regeling voor het voorkomen van slagschaduw verbeterd. In de buurt die eerst fel tégen de windmolens was, is een vereniging gevormd voor de aanleg van een zonnepark met 11.000 zonnepanelen in 2021, deels betaald uit de vergoeding voor de molens. Zo zijn tegenstanders ware supporters geworden.

Dorpsmolen van Friese stichting De Molen

Inwoners van de Friese dorpen Reduzum, Friens en Idaerd richtten stichting De Molen op waaraan ze samen 225.000 gulden leenden voor 10 jaar. Met een aanvullende lening en subsidie kwam er in 1994 een 36 meter hoge windmolen. Die kostte 550.000 gulden en zou zo'n 400.000 kWh per jaar opwekken. Het doel was om de opbrengst van de molen te investeren in de verduurzaming van de 3 dorpen. Dat is gelukt. Er zijn vele projecten gefinancierd, waaronder zonnepanelen op school en sportaccommodaties, alle huishoudens 1 ledlamp (in 2008 een novum), een nieuwe schoolbus, ledverlichting bij het sportveld, een bijdrage voor isolatie van de sportkantine en 2 dorpshuizen, en hulp aan bewoners bij verduurzaming met als resultaat 2.700 panelen en zo'n 30 warmtepompen. Na 20 jaar was de molen toe aan pensioen en wilden de dorpelingen een nieuwe, maar de provincie lag 6 jaar dwars. Anno 2021 is nog steeds niet zeker of de nieuwe molen er komt. In ieder geval heeft de molen het wij-gevoel versterkt en gezorgd voor bewustwording bij de inwoners.





© Branko de Lang

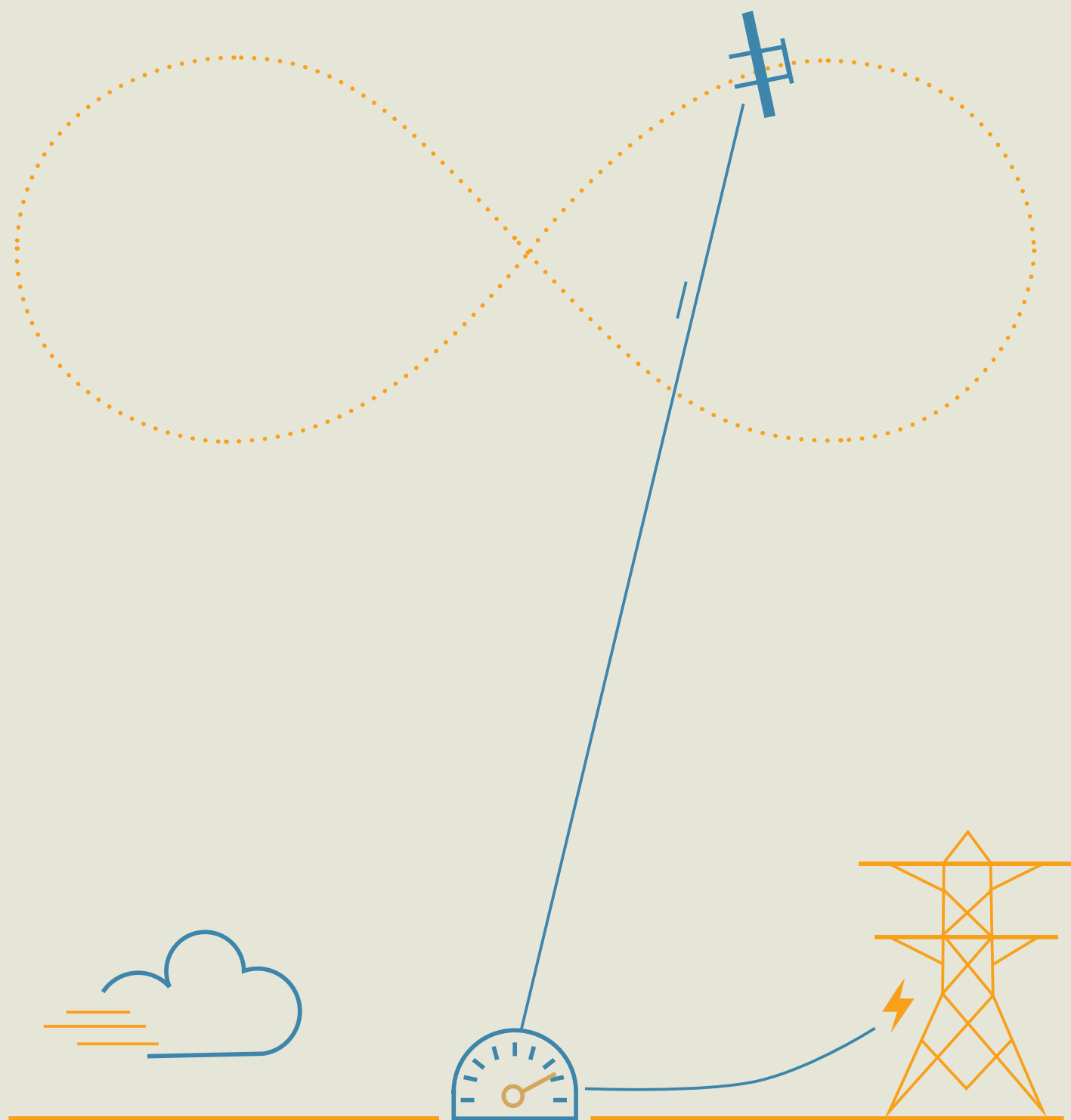
Grootste burgercoöperatie: Krammer

Het Zeeuwse windpark Krammer is om meerdere redenen uniek. Het is het grootste coöperatieve burgerinitiatief van Nederland: de ruim 4.000 leden van de twee burgercoöperaties Zeeuwind en Deltawind hebben het initiatief genomen om dit windpark op en rondom de Krammersluizen op Schouwen-Duiveland te ontwikkelen, en dat volledig voor eigen risico. In 2019 zijn 34 windturbines met een totaalvermogen van 102 MW in gebruik genomen. De opbrengst is voldoende voor omgerekend 100.000 huishoudens. Dat zijn er zo veel dat er voor een andere bestemming is gekozen: bijzonder is dat de stroom zonder tussenkomst van een energiebedrijf naar 4 multinationals gaat. De coöperaties zijn voor 60% eigenaar. Ze hebben bedrijven bereid gevonden om het project mee te financieren, en de regio participeert via een obligatielening. Van elke opgewekte MWh gaat € 0,50 naar een Windfonds en dit brengt jaarlijks zo'n € 150.000 op. Hiermee worden weer nieuwe duurzame projecten ontwikkeld en krijgen omwonenden binnen 2½ kilometer van het windpark een tegemoetkoming in hun groene-stroomrekening. Op veel woningen zijn zonnepanelen geplaatst. Ook uniek is dat via camera's op de turbines te zien is of er roofvogels zoals zeearenden in de buurt zijn, en als dat zo is, worden de molens stilgezet. Verder ondersteunt het windpark de pilot 'Carbon farming' van 15 lokale boeren die elk 30 tot 40 ton CO₂ in de bodem vastleggen.



Coöperwiek in het Limburgse Neer

De Coöperwiek is de middelste van 5 windmolens van Windpark Neer in Limburg. De molen met een tiphoogte van 144 meter heeft een vermogen van 2,5 MW en levert sinds 2015 zo'n 4,5 miljoen kWh per jaar voor zo'n 1.500 huishoudens. De windmolen is gestart als prachtige vorm van samenwerking tussen 3 burgercoöperaties: Meerwind, de Windvogel en Zuidenwind. Met de opbrengsten is voor de omwonenden glasvezel aangelegd en zijn ook weer 4 nieuwe windprojecten gerealiseerd. Zo versnelt de Coöperwiek de energietransitie.



1.13 Stimuleren innovatie andere vormen van windenergie

In tegenstelling tot windmolens maken de initiatieven Kitepower en Ampyx Power geen gebruik van wieken, maar van vliegers of kleine vliegtuigjes om duurzame energie op te wekken. Deze vliegers zijn vrijwel geluidloos en maken hoog in de lucht in de vorm van een acht vele gecontroleerde bochten. Het snoer waaraan de vlieger of het vliegtuigje vastzit, zorgt dat de opgewekte duurzame energie naar beneden wordt getransporteerd. Beide initiatieven werden geïnspireerd door Wubbo Ockels aan de TU Delft.

Kitepower ontwikkelt nu een 100 kWh-systeem²⁹ dat voor 2030 commercieel beschikbaar moet zijn. Voor 2024 wil Ampyx Power klaar zijn met modellen van 2,36 MW, waarbij de kosten

vergelijkbaar zijn met die van een reguliere windturbine. Vermoedelijk is ook deze in 2030 commercieel beschikbaar.³⁰

Veel mensen vinden 'vliegers' minder lelijk. Ook kunnen de vliegers makkelijker verplaatst worden. Ze zijn niet permanent aanwezig. Ze zitten hoger in de lucht, waar meer wind is en dus meer rendement. Toch moet ook bij deze vorm van windenergie goed gekeken worden naar waar en wanneer het kan zonder dat mensen of dieren er te veel last van hebben. Het is de moeite waard om deze Nederlandse bedrijven een thuismarkt te geven om verder te kunnen opschalen.



Ampyx Power ontwikkelt vliegtuigjes om duurzame energie mee op te wekken. Dit gebeurt hoog in de lucht waar meer wind is. Ze zijn vrijwel geluidloos.

29. <https://kitepower.nl/>

30. <https://www.ampyxpower.com/news/the-economist-an-innovative-approach-to-making-electricity-from-the-wind/>