

Deelstudie Opwekking van hernieuwbare energie

Routeplanner Energietransitie 2020-2050



DEELSTUDIE

INHOUD

3		1	Inleiding
5		2	Huidige situatie
6		3	Relevante trends
7		4	Het eindbeeld
11		5	Het transitiepad naar 2050
14		6	Het speelveld
16		7	Handelingsperspectief Provincie Noord-Holland
18			Bijlagen
19			Bijlage 1
			Hoeveelheden en verhoudingen m.b.t. energie
20			Bijlage 2
			Geothermie
22			Bijlage 3
			Windenergie
23			Bijlage 4
			Zonne-energie
25			Bijlage 5
			Biomassa
27			Bijlage 6
			Overige vormen van opwekking van hernieuwbare energie
28			Bijlage 7
			Stimuleringsbeleid gericht op opwekking van hernieuwbare energie (bron RVO.nl)
29			Bijlage 8
			Bronnen

INLEIDING

In deze deelstudie wordt ingegaan op de opwekking van hernieuwbare energie. We spreken van hernieuwbare energie als deze uit niet-fossiele energiebronnen komt die constant worden aangevuld. Hieronder staat een overzicht van de meest voorkomende verschijningsvormen.

Energiebron	Technologie	Elektriciteit/gas/warmte
Aardwarmte	Geothermie (ondiepe en diepe)	Warmte
	Bodemwarmtepomp	Warmte
Windenergie	Windturbine	Elektriciteit
Zonne-energie	Zonnepaneel	Elektriciteit
	Zonnecollector (zonneboiler)	Warmte (zonthermie)
Biomassa	(Bij- en meestook van) biomassa in kolencentrales	Elektriciteit
	Biomassaverbranding (ketels)	Warmte
	Thermische conversie van biomassa	Warmte en elektriciteit
	Biomassavergassing	Gas
	Vergisting (mest, GFT, etc.)	Gas, warmte en elektriciteit
	Pelletkachels en houtkachels	Warmte
Omgevingswarmte ¹	Warmtepomp	Warmte
Energie uit water	Waterkracht	Elektriciteit
	Golfenergie	Elektriciteit
	Vrije-stromingsenergie	Elektriciteit
	Osmose ²	Elektriciteit
Slib (uit afval/rioolwaterzuivering)	Vergisting	Elektriciteit en/of warmte

Centraal staat de vraag hoe de provincie Noord-Holland haar energievraag zo volledig mogelijk kan invullen met hernieuwbaar opgewekte energie, zodat de provincie energieneutraal wordt. Hierbij wordt aangegeven wat de provincie zou kunnen doen om bovengenoemde technologie-opties te realiseren, en welke maatregelen welke consequenties hebben. Zo wordt het handelingsperspectief van de provincie inzichtelijk gemaakt.

In lijn met de Nationale Energie Verkenning 2017 en de eerste Staat van de energietransitie Noord-Holland zijn in deze deelstudie de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Windenergie die op zee wordt opgewekt, wordt momenteel niet op een of andere wijze toegerekend aan provincies. Wellicht zal het Rijk 'wind op zee' in de toekomst verdelen naar rato van het aandeel van de provincies in het Nederlandse elektriciteits- of energieverbruik.³ In deze deelstudie wordt van zo'n verdeling naar rato uitgegaan.
- De inkoop van groene stroom door certificaten of garanties van oorsprong⁴, wordt niet beschouwd als lokaal opgewekte hernieuwbare energie.
- De hoeveelheid lokaal verbruikte biobrandstoffen (uit biomassa) telt mee als lokaal opgewekte hernieuwbare energie. De productie van biobrandstoffen voor verkoop telt niet mee, aangezien dit onder de raffinage valt.

¹ Inclusief energie uit oppervlaktewater.

² Bij osmose wordt het verschil in zoutgehalte van wateren benut om energie op te wekken. Dit wordt ook wel blue energy genoemd.

³ Sommige aandeelhouders in windparken op zee, waaronder HVC, rekenen deze opwekking van hernieuwbare elektriciteit wel aan zichzelf toe.

⁴ Garanties van oorsprong dienen als bewijsmiddel dat elektriciteit duurzaam is opgewekt.

- Het gebruik van omgevingswarmte door een warmtepomp (bijvoorbeeld uit de aarde, lucht of oppervlaktewater) wordt momenteel in mindering gebracht op het energieverbruik van de vraagsector waarin de warmtepomp zich bevindt. De omgevingswarmte wordt wel als opwekking van hernieuwbare energie gezien, maar dus in de categorie ‘achter de meter’. Het elektriciteitsverbruik van de warmtepomp wordt wel meegenomen als energieverbruik en is qua orde grootte ongeveer een derde van de geleverde warmte.
- Het gebruik van restwarmte uit de industrie valt niet onder energieopwekking. Hergebruik van warmte wordt beschouwd als een vorm van energiebesparing. Het komt aan de orde bij de deelstudies ‘Industrie’, ‘Gebouwde omgeving’, ‘Land- en tuinbouw’ en ‘Energie-infrastructuur’.

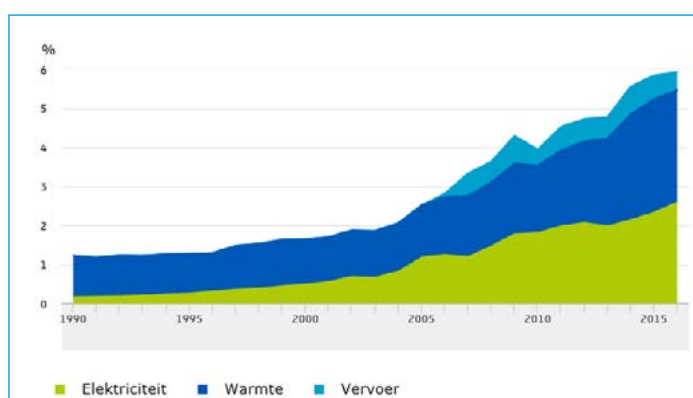
Leeswijzer

Er wordt eerst ingegaan op de huidige situatie en de ontwikkelingen tot 2050. Daarna worden het verwachte toekomstbeeld in 2050 en het transitiepad ernaartoe geschetst. Daarbij wordt ook ingegaan op onzekerheden. Vervolgens wordt geschetst wat de aangrijpingspunten zijn en wat het speelveld is: welke actoren zijn betrokken en hoe beïnvloeden ze elkaar? Tot slot wordt ingegaan op het handelingsperspectief van de provincie.

HUIDIGE SITUATIE

Nederland heeft, vergeleken met de andere EU-lidstaten, een zeer laag aandeel hernieuwbare energie. In 2016 maakte hernieuwbare energie 5,9 procent uit van het totale Nederlandse finaal energiegebruik.⁵ Circa 10 procent van deze hernieuwbaar opgewekte energie wordt verbruikt in de sector Mobiliteit en Transport (voornamelijk biobrandstoffen, grotendeels geïmporteerd), en het resterende deel wordt in de vorm van warmte of elektriciteit door de overige vraagsectoren verbruikt.

Figuur 1: Aandeel hernieuwbare energie in finaal energieverbruik Nederland (Bron: CBS)



Bijna 70 procent van bovengenoemde hernieuwbare energie is gerealiseerd door biomassa, op ruime afstand gevolgd door windenergie (circa 20 procent).

In het Nationaal Energieakkoord zijn afspraken gemaakt over de beoogde groei van het aandeel van hernieuwbare energie. In lijn met de EU-doelstellingen moet dit stijgen naar 14 procent in 2020 en naar 16 procent in 2023. Op basis van het vaststaande en voorgenomen beleid wordt verwacht dat de doelstelling in 2023 binnen bereik ligt.⁶ Voor de periode daarna wordt een behoorlijke stijging verwacht van het aandeel hernieuwbare energie, tot mogelijk 28 procent in 2035. Dit is ingeschat op basis van huidige subsidieaanvragen en de effecten van het vastgestelde en voorgenomen beleid.

In Noord-Holland is in 2016 12,9 PJ hernieuwbare energie opgewekt: 7,0 PJ elektriciteit, 5,6 PJ warmte en 0,3 PJ biogas. Daarnaast is circa 1,7 PJ aan biobrandstoffen ingezet in de transportsector. Dit komt overeen met circa 6 procent van het eigen finaal energieverbruik en is daarmee nagenoeg gelijk aan het gemiddelde voor Nederland.⁷

⁵ Hierbij is de EU-definitie toegepast.

⁶ Nationale Energieverkenning 2017 (ECN, 2017).

⁷ Staat van de energietransitie Noord-Holland (PNH 2018).

RELEVANTE TRENDS

De volgende trends en ontwikkelingen spelen een rol bij hernieuwbaar opgewekte energie:

- **De opwekking van hernieuwbare energie wordt steeds kostenefficiënter**
Door ontwikkeling en grootschalige uitrol van technologieën wordt de kostprijs van hernieuwbare energie substantieel lager. Hernieuwbare energie blijft vooralsnog echter duurder dan fossiele energie, en is zonder subsidie voorlopig nog niet rendabel. Een uitzondering hierop vormen mogelijk de windparken op zee die rond 2023 gebouwd worden, maar dit is nog met veel onzekerheden (zoals de rentestand en staalprijs) omgeven.⁸
- **De wens tot energie-onafhankelijkheid stimuleert de lokale opwekking**
Door veel landen wordt hernieuwbare energie gezien als een middel om minder afhankelijk te zijn van gas- en olie-leverende landen. Steden, buurten, individuele organisaties en huishoudens willen ook steeds vaker zelfvoorzienend zijn.
- **Windenergie zal in 2023 de grootste bijdrage leveren bij voorgenomen beleid**
Door een substantiële groei van wind op land en wind op zee, zal rond 2023 de opwekking van energie uit wind in Nederland iets groter zijn dan de opwekking uit biomassa. De groei van wind op land zal plaatsvinden door nieuwe parken en opstellingen, en door het vervangen en opschalen van bestaande parken. Het maatschappelijk draagvlak blijft wel een aandachtspunt.
- **Energie uit zon, aard- en omgevingswarmte groeien substantieel**
Door sterke kostenreducties en de huidige economische situatie (lage rente en stimulerend beleid), wordt verwacht dat zonne-energie en energie uit aard- en omgevingswarmte in Nederland de komende jaren jaarlijks met circa 20 procent zal groeien. Desondanks blijven deze opties in omvang nog aanzienlijk achter bij windenergie en biomassa.
- **Variabele elektriciteitsproductie vraagt om slimme oplossingen**
Door het stijgende aandeel van variabele elektriciteitsproductie uit wind en zon ontstaan er op korte tot middellange termijn knelpunten op het elektriciteitsnet. Oplossingen liggen op het vlak van slimme netten, uitwisseling met andere landen en slimmere apparaten (die pas aan gaan wanneer er veel aanbod is aan energie). Zie hiervoor de deelstudie Energie-infrastructuur.
- **Inpassing opwekking hernieuwbare energie heeft invloed op ruimtelijke kwaliteit**
Windturbines en zonneweides kunnen een grote invloed hebben op de kwaliteit van het landschap en lokaal weerstand oproepen. Overheidsbeleid kan beperkend zijn voor de groei van deze vormen van hernieuwbare opwekking.
- **Concurrentie om biomassa neemt toe, zowel lokaal als mondiaal**
Tot 2030 is er naar verwachting voldoende biomassa in Europa voorhanden. Wereldwijd is de potentie aan biomassa beperkt en er is onvoldoende om in alle vraag te voldoen. Er zal dus druk blijven bestaan op het zoeken naar alternatieve vormen van duurzame energie. Zie ook de bijlage 'Biomassa'.
- **Nieuwe technologieën zijn nog volop in onderzoek**
Er wordt volop onderzoek gedaan naar nieuwe technologieën, zoals energie uit water en vergassing van biomassa, maar het is nog onduidelijk op welke termijn deze technologieën klaar zijn voor grootschalige toepassing.

⁸ Hierbij zijn de kosten van netaansluiting niet meegenomen in de businesscase.

HET EINDBEELD

Op basis van de deelstudies naar de vraagsectoren verwachten we dat de finale energievraag van Noord-Holland in 2050 ergens tussen de 160 PJ en de 200 PJ uitkomt (het huidige verbruik is 254 PJ). Dit is gebaseerd op de verwachte ontwikkeling van het volume van de vraagsectoren en de potentie van energie-efficiënte maatregelen. Eventuele 'opwekking achter de meter', bijvoorbeeld elektriciteit die een huiseigenaar met zonnepanelen opwekt en verbruikt, is al verwerkt in deze cijfers. Gezien de onzekerheden (bijvoorbeeld de groei aan mobiliteit en transport, of de vestiging van datacenters) is er een ruime marge aangehouden.

De vraag is hoe deze energievraag in 2050 met hernieuwbaar opgewekte energie ingevuld zal worden. Het eindbeeld voor 2050 blijkt in hoge mate af te hangen van overheidsbeleid.

Maximale potentie van vormen van hernieuwbare opwekking in Noord-Holland

In opdracht van de provincie is onderzoek gedaan naar de maximale potentie van de meest voorkomende technieken voor de opwekking van hernieuwbare energie (zie tabel 1). Hierbij is alle ruimte in Noord-Holland benut en is geen rekening gehouden met provinciaal beleid. Er is slechts rekening gehouden met wettelijke kaders omtrent het ruimtebeslag van de genoemde technologieën en een aantal beschermingsgebieden. Zo is bijvoorbeeld de restrictie van lijn-opstellingen voor wind op land niet meegenomen en zijn er zijn geen afwegingen gemaakt met eventueel concurrerende claims (bijvoorbeeld vanuit voedsel of klimaatadaptatie).

Het maximale gezamenlijk potentieel, dus van alle technologieën bij elkaar opgeteld, is in theorie 473,5 PJ. Dit is groter dan de verwachte energievraag (na besparingsmaatregelen) van maximaal 200 PJ in 2050. Zelfs het realiseren van 200 PJ is echter al een enorme opgave, die enorme consequenties zal hebben voor de leefomgeving. Bij het huidige provinciaal beleid zal 200 PJ niet gerealiseerd kunnen worden, doordat met name zon en wind ver onder het maximum potentieel blijven. Verder blijkt uit dit onderzoek dat de vraag naar transportbrandstoffen (nodig voor het zwaar transport met grote actieradius) en hoge temperatuur-warmte voor de industrie (>140 graden) naar verwachting alleen met biomassa kan worden ingevuld.

Tabel 1: Potentiëlen en de kosten voor hernieuwbare energietechnieken.¹¹

	Beschikbare ha	ha/PJ	Potentieel PJ	Kosten MEUR/PJ
Wind op land (waarvan 7 PJ uit 685,5 MW)	21072	141/ 671	149,7	18
Zon-PV op zonneweides	45321	347	130,6	31
Warmte en elektriciteit uit geïmporteerde vaste biomassa	n.v.t.	0	55,6	31
Diepe geothermie	n.v.t.	<<1	34,6	17
Wind op zee		650	30,9	26
Zon-PV op daken	5435	347	15,6	54
Ondiepe geothermie	n.v.t.	<<1	15,2	12,5
Transportbrandstoffen uit geïmporteerde biomassa	n.v.t.	<<1	10,0	18
Transportbrandstoffen uit eigen biomassa		10300	10,0	18
Energie uit water	n.v.t.	<1	6,9	159
Eigen vaste biomassa		5650	5,1	5,3
Microwind	n.v.t.	694	3,6	131
Groen gas uit biogas van reststromen	n.v.t.	<1	2,9	23
Zonthermie		57	2,8	38
Totaal alle technieken			473,5	

⁹ Staat van de energietransitie Noord-Holland.

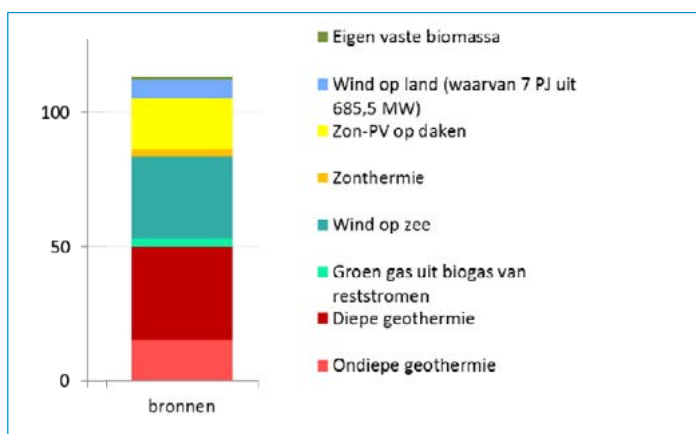
¹⁰ De ruimtelijke effecten van de energietransitie in Noord-Holland (ECN 2015).

¹¹ Uiteraard kan het potentieel bij 'transportbrandstoffen uit geïmporteerde biomassa' verhoogd worden door meer import.

Maximale potentie van hernieuwbaar opgewekte energie bij huidige provinciaal beleid

Uit een vervolgonderzoek¹² blijkt dat binnen bestaand provinciaal beleid zo'n 110 PJ ingevuld kan worden met opties die kostentechnisch en ruimtelijk optimaal scoren, indien de provinciale beleidsruimte maximaal wordt benut. Uitgangspunten in dit onderzoek zijn dat alle woningen naar label A+ gaan¹³, dat alle personenauto's elektrisch worden, dat alle bedrijfsgebouwen alle besparingsmaatregelen met een terugverdientijd tot twintig jaar nemen en dat de industrie jaarlijks 1,5 procent energie bespaart. Verder is al het potentieel aan geothermie, groen gas, zon-pv, zonthermie en de reststromen van vaste biomassa benut en is Noord-Holland een aandeel van de hernieuwbare elektriciteit uit wind op zee (circa 30 PJ) toegekend. De verdeling over de opties is daarbij dan als volgt:

Figuur 2: Overzicht potentieel van hernieuwbare energiebronnen in 2050 die ruimtelijk én economisch preferabel zijn (in PJ)



Een optie als zonneweides is in bovengenoemd overzicht niet meegenomen, omdat het provinciaal beleid nog niet bekend was toen eerder genoemd vervolgonderzoek werd opgesteld. Opties als energie uit water¹⁴ en micro-windturbines vallen weg als preferente energiebron, omdat deze relatief erg duur zijn. Voor wat betreft wind op land is uitgegaan van de door het Rijk opgelegde 685,5 MW aan energieopwekking, omdat de provincie geen plannen heeft om dit uit te breiden. Verder moet er rekening mee gehouden worden dat er alleen naar kosten en ruimte is gekeken, en niet naar bijvoorbeeld maatschappelijk draagvlak of gevolgen voor natuur of landbouw. Tot slot blijkt dat er binnen Noord-Holland geen energiebron beschikbaar is die 50 PJ aan industriële warmte (hoge-temperatuurwarmte) en biobrandstoffen voor zwaar transport kan leveren. Daarom veronderstelt het onderzoek de import van biomassa/biobrandstof. Hoe deze vraag naar industriële warmte en transportbrandstoffen zich gaat ontwikkelen, is nog onbekend. Hierbij spelen discussies over de wenselijkheid van inzet en afhankelijkheid van biomassa en biobrandstoffen een rol.

Provinciale keuzemogelijkheden om tot energieneutraliteit te komen

Zoals eerder geschetst, verwachten we op basis van de deelstudies naar de vraagsectoren dat de energievraag van Noord-Holland in 2050 ergens tussen de 160 PJ en de 200 PJ uitkomt. Het onderzoek laat zien dat er bij ongewijzigd provinciaal beleid en maximale inspanning circa 110 PJ op het grondgebied van Noord-Holland kan worden opgewekt (dit is inclusief een aandeel van circa 30 PJ in wind op zee). Er zou dan nog circa 50 tot 90 PJ aan hernieuwbare energie nodig zijn om de vraag van Noord-Holland naar hernieuwbare energie in te vullen. Hierbij zouden dan wel alle eerder genoemde uitgangspunten uit bovengenoemd vervolgonderzoek gerealiseerd moeten worden, anders valt de maximale opgave nog hoger uit. Wat dit betekent aan extra opgave voor hernieuwbare opwek, is echter niet te voorspellen.

De provincie staat voor de keuze: hoeveel van de (resterende) energievraag wil de provincie nog op eigen grondgebied laten opwekken, en hoeveel wil (of kan) de provincie laten importeren? Biomassa zal na 2030 echter schaars zijn. Op eigen grondgebied kan de provincie kiezen uit (een mix van) wind op land, zonneweides en -opstellingen, microwind en energie uit water, aangezien de potentie van andere vormen van duurzame opwekking al volledig is benut. De kosten van microwind en energie uit water (zoals osmose) zijn in verhouding tot de opbrengsten echter dusdanig hoog dat deze buiten beschouwing worden gelaten.

¹² Perspectieven op een volledig hernieuwbare energievoorziening in Noord-Holland (ECN 2016).

¹³ Een deel van de woningen heeft een warmtepomp 'achter de meter'.

¹⁴ Dit betreft bijvoorbeeld energie uit de stroming van rivieren, de stroming van eb en vloed, golfbewegingen, het verschil tussen zout zeewater en zoet rivierwater (osmose), aquatische biomassa (wieren, algen, etc.) en thermische energie uit oppervlaktewater. Dit heeft slechts een beperkt potentieel in Noord-Holland, zo blijkt uit onderzoek.

In het geval van wind op land en zonneweides zal het huidige ruimtelijk beleid, zoals uiteengezet in de bijlagen 'Windenergie' en 'Zonne-energie', moeten worden aangepast. Beiden tonen overigens als solitaire optie al voldoende potentieel om de resterende energievraag volledig in te vullen. Iedere optie heeft voor- en nadelen, zie onderstaand schema:

Techniek	Voordelen	Nadelen
Biomassa/ biobrandstoffen (import)	Lokaal weinig ruimtebeslag.	Afwenteling ruimtegebruik op andere landen. Discussie rond duurzaamheid. Niet de meest kostenefficiënte optie.
Wind op land	Aanzienlijk kostenefficiënter dan bijvoorbeeld biomassa en zonneweides. Op eigen grondgebied opgewekt.	Grote ruimtelijke impact. Maatschappelijke weerstand.
Zonneweides en -installaties	Minder visuele impact op landschap. Op eigen grondgebied opgewekt.	Groot ruimtebeslag.

Kosten en ruimtelijke impact van de opwekking van hernieuwbare energie

Vanuit oogpunt van kostenbeheersing is zoveel mogelijk wind op land de beste keuze, maar dit heeft een grote ruimtelijke impact. Vanuit ruimtebeslag is het optimaal om zoveel mogelijk biomassa te importeren. Een derde mogelijkheid is het beperken van de import van biomassa, zodanig dat alleen in de vraag uit de sectoren Mobiliteit & Transport en Industrie wordt voorzien.

Binnen de MRA en in Noord-Holland Noord zijn vervolgens verkenningen verricht naar de ruimtelijke consequenties van de inpassing van de opwekking, opslag en het transport van hernieuwbare energie.¹⁵ Ook zijn mogelijkheden en onmogelijkheden, kansen en knelpunten in beeld gebracht.

In Noord-Holland Noord blijkt er voldoende potentieel aan energie uit zon en wind en aardwarmte om in de eigen vraag te voorzien, in de MRA is dit niet het geval.

In Noord-Holland Noord stuit benutting van zon en wind op ruimtelijke en economische beperkingen. Het aanbod aan aardwarmte lijkt in principe meer dan voldoende om te voorzien in de behoefte aan lage-temperatuurwarmte (LTW). Een eventuele uitdaging ligt dan vooral in het eventuele transport van het surplus aan LTW naar de MRA, aangezien de MRA naar verwachting niet zelf in haar behoefte kan voorzien. In hoeverre dat mogelijk is, moet onderzocht worden. Hier kan de provincie een rol in nemen. Een eventueel overschot aan elektriciteit uit zon en wind in Noord-Holland Noord kan direct via het elektriciteitsnet de regio verlaten, of eerst worden omgezet en tijdelijk worden opgeslagen. Dit is mogelijk via een innovatieve conversietechnologie, zoals power-to-gas, maar dit is nog duur. Via haar innovatiebeleid kan de provincie hier een rol in nemen. Dit komt aan de orde in de deelstudie 'Energie-infrastructuur'.

De MRA zal naar verwachting niet op eigen grondgebied aan haar energievraag kunnen voldoen. Ruimte voor grootschalige opwekking van energie is in de MRA voornamelijk te vinden in het landelijk gebied, maar dit conflicteert met andere regionale belangen. Wel liggen er kansen om de extensief gebruikte restructuurte rond Schiphol en de haven in te zetten voor de energietransitie. Dit vraagt dan om een gebiedsgerichte aanpak. Inmiddels heeft het Bestuurlijk Platform NZKG al opdracht gegeven om, samen met partners en belanghebbenden, een ontwikkelingsstrategie op te stellen voor het NZKG. Deze is een eerste aanzet tot zo'n gebiedsgerichte aanpak. Schiphol (dat landzijdig vooral een vraag naar elektriciteit en warmtekoelingsopslag heeft) heeft overigens afspraken gemaakt met Eneco, zodat Eneco de terreinen van Schiphol kan gebruiken als proeftuin voor innovaties.¹⁶

De ruimtelijke verkenningen laten verder zien dat de energietransitie sterke relaties heeft met verstedelijking, mobiliteit, economie en landschap. Waar en hoe er gebouwd wordt, bepaalt bijvoorbeeld wat er aan gebouwgebonden opwekking kan plaatsvinden of wat er aan energie-infrastructuur nodig is. Er liggen kansen voor meervoudig ruimtegebruik, zoals het combineren van energie-infrastructuur met verkeersinfrastructuur, zoals SolaRoad (een wegdek met zonnepanelen die elektriciteit opwekken), of het benutten van braakliggende terreinen voor zonnepanelen. Een risico is bijvoorbeeld verrommeling van het landschap. Vanuit haar rol als beleidsbepaler is de provincie verantwoordelijk voor de ruimtelijke inrichting. Door innovatie te stimuleren kunnen nieuwe combinaties zoals SolaRoad gezocht en verbeterd worden.

¹⁵ Energie en ruimte Noord-Holland Noord. Verkenning van ruimtelijke perspectieven voor de energietransitie in Noord-Holland Noord (2017); Ruimtelijke verkenning Energietransitie MRA (ECN/Marco Broekman/Posad 2017).

¹⁶ Economische kansen en bedreigingen Energietransitie. Analyse voor de Provincie Noord-Holland, (Buck Consultants 2017).

Een beeld van de duurzame energiemix in 2050 is niet te schetsen zonder vooruit te lopen op keuzes die de Provincie Noord-Holland nog gaat maken, onder meer in de Omgevingsvisie. Wellicht is er sprake van een schaa sprong in bepaalde technologieën, of wordt de opgave lager door energiebesparende innovaties die we nu nog niet kunnen voorzien. Van groot belang is wel dat de ruimtelijke keuzes voor 2050 in ieder geval op korte termijn gemaakt worden, gezien de relaties met verstedelijking, mobiliteit en economie. Er is een integrale afweging nodig. Als deze afweging en de besluitvorming niet tijdig plaatsvinden, kan dat betekenen dat de energietransitie vertraagt, dat de doelen niet gehaald worden óf dat kansen als meervoudig ruimtegebruik gemist worden.

HET TRANSITIEPAD NAAR 2050

De groei aan opwekking van hernieuwbare energie zal slechts geleidelijk plaatsvinden. Redenen hiervoor zijn dat hernieuwbare energie doorgaans duurder is dan fossiele energie en dat de energie-infrastructuur zich met de ontwikkeling van vraag en aanbod zal moeten meeontwikkelen. Per vorm van duurzame opwekking is hieronder uiteengezet wat er moet gebeuren om de opwekpotentie in 2050 te benutten. Opties als energie uit water en microwindturbines zijn buiten beschouwing gelaten, omdat deze relatief duur zijn en voorlopig niet relevant worden geacht. Innovatie zal nodig zijn om deze opties kostenefficiënter te maken.

- **Geothermie** is relatief kostenefficiënt (misboringen daargelaten, maar daar is een Rijksregeling voor getroffen¹⁷). Investerings verdiensten zullen snel genoeg terug, dankzij de bestaande subsidieregelingen (zie bijlage 'Subsidieregelingen'). In de MRA is nog onderzoek nodig naar de mogelijkheden voor geothermie. In Noord-Holland Noord, waar meer dan voldoende potentie is vastgesteld, kan de realisatie echter direct beginnen: de techniek en de markt zijn er klaar voor. Ook is er voldoende behoefte aan lage-temperatuurwarmte in de glastuinbouw en de gebouwde omgeving. Het tempo van de ontwikkeling van geothermie zal dan vooral worden bepaald door de snelheid van de ontwikkeling van warmtenetten – in combinatie met de benodigde aanpassingen in de gebouwde omgeving.
Om het maximale potentieel aan geothermie te realiseren, moeten putten optimaal over de beschikbare ruimte verdeeld worden.¹⁸ Enerzijds is er namelijk een minimale afstand tussen verschillende putten nodig (1,5 km), anderzijds wordt de potentie niet optimaal benut als de afstanden tussen putten te groot zijn. Er is dan ook een visie nodig op de verkaveling van de beschikbare ruimte voor putten en infrastructuur. Hier kan de provincie een rol in nemen.
- **Wind op land** is duurder dan geothermie, maar nog steeds relatief kostenefficiënt. De techniek en de markt zijn er klaar voor en investeringen verdienen zich snel genoeg terug, dankzij de bestaande subsidieregelingen. De verdere ontwikkeling wordt echter ingeperkt door provinciaal beleid, zodat er op basis van de huidige afspraken niet meer dan 685,5 MW opgewekt zal worden. Zie ook de bijlage 'Windenergie'.
Mocht er toch ruimte komen om deze optie verder te ontwikkelen, dan zal het tempo van realisatie mede bepaald worden door de beschikbare hoeveelheid subsidie, de termijn waarop locaties beschikbaar zijn, de wijze waarop locaties benut worden en het maatschappelijk draagvlak.
- **Zonneweiden en losse opstellingen** kunnen snel gerealiseerd worden, op de plaatsen waar ze zijn toegestaan. Het is duurder dan geothermie en wind op land, maar de benodigde investeringen verdienen zich vaak terug, dankzij de bestaande subsidieregelingen. De ontwikkeling van grootschalige zonneweiden wordt momenteel bepaald door de Noord-Hollandse beleidskaders, zie hiervoor de bijlage 'Zonne-energie'.
- **Biomassa/biobrandstof** kan op eigen grondgebied geproduceerd worden of geïmporteerd worden. Op eigen grondgebied is in Noord-Holland slechts beperkte productie van biomassa en biogas uit reststromen mogelijk. Technieken die hierbij ingezet worden, zijn vergisting en vergassing. Bij vergisting gaat het om agrarische of industriële reststromen (natte biomassa).¹⁹ De ruimtelijke consequenties van vergisting zijn beperkt, wel moet er onder meer een omgevingsvergunning voor de installatie worden aangevraagd. Met de juiste vergunningen is ook subsidie aan te vragen.²⁰ Zie ook de bijlage 'Biomassa'.

¹⁷ De regeling Risico's dekken voor aardwarmte (RNES Aardwarmte), ingesteld door het ministerie van Economische Zaken en Klimaat, verzekert een bedrijf tegen de financiële risico's van misboring bij een aardwarmteproject.

¹⁸ Energie en ruimte Noord-Holland Noord. Verkenning van ruimtelijke perspectieven voor de energietransitie in Noord-Holland Noord (Studio Marco Vermeulen 2017).

¹⁹ <http://eduweb.eeni.tbm.tudelft.nl/TB141E/?groen-gas>.

²⁰ <https://groengas.nl/documenten/factsheet-verplichte-vergunningen-voor-biogasproductie-installaties.pdf>.

Een tweede techniek is vergassing van vaste biomassa. Vergassing is een snel en goed beheersbaar proces dat bij een gelijk volume aan biomassa meer biogas oplevert dan vergisting.²¹ Bij HVC in Alkmaar is een demonstratie-installatie ('Milena') voor de vergassing van biomassa (geïmporteerd hout) geplaatst. Er is een installatie ('Olga') aan toegevoegd voor de teerverwijdering uit het geproduceerde gas. Het schone biogas dat zo geproduceerd wordt, wordt opgewerkt tot 'groen gas', dat qua kwaliteit gelijk is aan aardgas. De provincie heeft aan dit proefproject meebetaald.

Naar verwachting kan in Nederland, in 2020, biogas circa 15-20 PJ bijdragen aan de nationale hernieuwbare energiedoelstelling (5 tot 7 procent), en volgens de prognoses kan dit de periode 2020-2030 groeien tot wel 45 tot 60 PJ.²² Wel is het zo dat het geïmporteerde biomassa betreft, waardoor het ruimtebeslag op andere landen afgewenteld wordt. Biomassa wordt naar verwachting schaars, wat betekent dat de kosten waarschijnlijk zullen stijgen. De inzet van (eventueel geïmporteerde) biomassa, zal naar verwachting hand in hand gaan met het tempo waarin de vraagsectoren deze kunnen en willen toepassen. Dit hangt af van de beschikbaarheid en de kosten.

- **Gebouwsgebonden opwekking** gaat om de energieopwekking die in en op gebouwen plaatsvindt:
 - **Zon op daken** - waar toegestaan, kunnen zonnepanelen (zon-pv) of zonnecollectoren (zonthermie) direct geplaatst worden. De investeringen verdienen zich snel genoeg terug om aantrekkelijk te zijn, dankzij de bestaande subsidie- en salderingsregeling. Bij de huidige prijzen van gas en elektriciteit zijn zonnepanelen echter aantrekkelijker voor een gebouweigenaar dan zonnecollectoren.²³ Een groot deel van de daken is overigens niet geschikt voor zonnepanelen of -collectoren vanwege constructie, ligging of situering. Door de grote hoeveelheid individuele actoren (gebouweigenaren) dat in beweging moet komen, zal het lang duren voordat zonnepanelen en -collectoren op alle daarvoor geschikte daken gerealiseerd zijn. Wat hiervoor nodig is, komt aan de orde in de deelstudie 'Gebouwde omgeving'.
 - **Omgevingswarmte** - warmte uit de omgeving kan benut worden met een **warmtepomp**, die de temperatuur verhoogt tot hetgeen wat nodig is voor gebouwverwarming. De investeringen verdienen zich in pakweg zeven tot vijftien jaar terug (eventueel met subsidie). De warmtepomp verbruikt elektriciteit, daar staat tegenover dat er veel minder energie (voornamelijk gas) wordt gebruikt door het gebruik van omgevingswarmte. Nadelen zijn dat de warmtepomp binnenshuis ruimte in beslag neemt en dat het systeem vrij lawaaiig is. Warmtepompen kunnen overigens ook warmte uit de bodem of het grondwater benutten, maar die opties zijn flink duurder. Verder kan de warmtepomp ingezet worden om de temperatuur van een lage-temperatuurwarmte uit een warmtenet of van het water van een WKO-installatie verhogen. Gezien de gebouwaanpassingen die nodig zijn, zal het lang duren voordat alle potentie in de gebouwde omgeving is benut. Het speelveld hierbij komt aan de orde in de deelstudies 'Gebouwde omgeving' en - voor wat betreft de combinatie met warmtenetten - in de deelstudie 'Energie-infrastructuur'.

Het tempo van toepassing van bovengenoemde opties kan afgeremd worden door:

- een tekort aan beschikbare capaciteit van de bouw- en installatiesector,
- onvoldoende kritische massa aan warmtevragers op het moment van aanbod,
- een achterblijvende ontwikkeling van de energie-infrastructuur. Zie hiervoor de deelstudie 'Energie-infrastructuur'.

²¹ <http://eduweb.eeni.tbm.tudelft.nl/TB141E/?groen-gas>.

²² Routekaart hernieuwbaar gas (ECN 2015).

²³ Bij aanschaf is een zonneboiler weliswaar voordeliger, maar bij zonnepanelen is het rendement hoger en de terugverdientijd korter. Plaatsing van een zonneboiler vereist bovendien meer aanpassingen in huis.

Onzekerheden in het eindbeeld en transitiepad

Bovenstaand eindbeeld en transitiepad zijn sterk afhankelijk van een aantal (deels niet te beïnvloeden) ontwikkelingen op nationaal en mondiaal niveau.

- **Ontwikkelingen in het energie- en klimaatbeleid**
Voor een substantiële groei in de opwekking van hernieuwbare energie is een relatief stabiel toekomstperspectief nodig, om investeerders zekerheid te bieden. Europees en nationaal beleid spelen hierin een belangrijke rol.
- **Macro-economische ontwikkelingen**
De prijsontwikkeling van fossiele energie in vergelijking met hernieuwbare energie is bepalend voor de economische aantrekkelijkheid. Ook is de beschikbare investeringsruimte van belang.
- **Technologische ontwikkeling**
Veel bestaande technologieën zijn nog niet volledig uitontwikkeld, bovendien kan innovatie leiden tot nieuwe technologieën. Het is nog niet duidelijk welke technologie gaat domineren, daarom zijn betrokken partijen vaak huiverig om ergens vol op in te zetten. Dit geldt niet alleen voor hernieuwbaar opgewekte energie, maar ook voor vormen van energiebesparing en opslag en transport van energie (met name elektriciteit).
- **Maatschappelijk draagvlak**
De grootte van het maatschappelijk draagvlak voor bepaalde technologieën kan invloed hebben op de mate waarin de potentie ervan wordt benut. Dit kan het eindbeeld beïnvloeden.
- **Beschikbaarheid biomassa**
Zal er voldoende betaalbare biomassa zijn voor Noord-Holland? De wereldwijde beschikbaarheid van biomassa zal naar verwachting beperkt zijn en er zal vanuit diverse sectoren en landen om geconcentreerd worden.

13 Het gaat hier om een systeem waarbij de kosten voor warmte gelijkelijk verdeeld worden, ongeacht of dit via elektriciteit of direct als warmte wordt geleverd.

HET SPEELVELD

Het speelveld rond de opwekking is divers. Bijna altijd betreft het initiatieven van één of meerdere private partijen, die mogelijk worden gemaakt met financiële steun van de overheid en waarbij de netwerkbedrijven de ontwikkelingen moeten faciliteren. Onderstaande tabel laat dit zien.

Technologie opwek	Geothermie	Wind op land	Zonnepanelen	Biomassa	Gebouw-gebonden opwek ²⁴
Initiatiefnemer (particulier)	Tuinder(s). Warmtebedrijf.	Grondeigenaar. Energiecoöperatie. Energiebedrijf. Projectontwikkelaar.	Grondeigenaar. Energiecoöperatie. Energiebedrijf. Projectontwikkelaar.	Zeër divers, onder andere: - Agrariër - Energiebedrijf - Brandstofproducent - Industrie	Huiseigenaar (bewoner). Vastgoedbedrijf inclusief woningbouwcorporatie. Energiecoöperatie.
Overheidsstimulus	Stimulering via SDE+	Stimulering via SDE+.	Stimulering via SDE+.	Stimulering via SDE+.	Stimulering via SDE+/ISDE.
Vergunningverlening	Rijk voor de boring (STRONG). Gemeente voor eventuele leiding.	Rijk (100 MW+). Provincie (5-100 MW). Gemeente (1 tot 5 MW).	Rijk (50 MW+) en anders gemeente. Provincie toetst.	Afhankelijk van situatie, meestal milieugerelateerd.	Veelal niet nodig.
Rol Rijksoverheid	Wetgeving (Mijnbouwwet).	Wetgeving ruimtelijke inpassing (bij >100 MW).	Wetgeving.	Wetgeving.	Wetgeving (incl. EPC).
Rol provincie	Wet- en regelgeving voor efficiënte ruimtelijke inpassing.	Aanvullend beleid. ²⁵ Ruimtelijke inpassing via PIP (5-100 MW).	Aanvullend beleid. ²⁶ Wet en regelgeving rond ruimtelijk inpassing.	Meestal niet van toepassing of vanuit milieu indien bevoegd.	Niet van toepassing.
Rol gemeente		Ruimtelijke inpassing (0-5 MW).		Meestal niet van toepassing of vanuit milieu indien bevoegd.	Wet- en regelgeving rond inpassing en eventueel Bouwbesluit. ²⁷
Rol netbeheerder	Niet van toepassing.	Aansluitplicht, boven 10 MVA (MW) maatwerk.	Aansluitplicht, boven 10 MVA (MW) maatwerk.	Niet van toepassing.	Zorgplicht voor betrouwbaar distributienetwerk.

Toelichting op bovenstaand schema:

Het speelveld is afhankelijk van de schaal van de opwekking en of de opgewekte energie voor eigen gebruik is of niet.

Kleinschalige opwekking – primair voor eigen gebruik

Een klein deel van de hernieuwbare opwekking wordt door huiseigenaren of bedrijven op eigen terrein gerealiseerd, om hun energieverbruik te verduurzamen. Toepassingen hebben vaak een beperkte invloed op de directe omgeving.

De initiatiefnemer heeft, afhankelijk van de toegepaste techniek en de lokale situatie, slechts in een beperkt aantal situaties een vergunning nodig, bijvoorbeeld bij een monument. De gemeente is verantwoordelijk voor de vergunningverlening. Bij een aantal technieken zal de initiatiefnemer de netbeheerder moeten verzoeken om de aansluiting op het elektriciteitsnetwerk aan te passen. De provincie kan de toepassing van deze vorm van opwekking versnellen door stimulerende maatregelen. Deze maatregelen komen aan de orde bij de deelstudie 'Gebouwde omgeving'.

Grootschalige opwekking – primair voor eigen gebruik

Soms leidt een lokaal initiatief tot grootschalige opwekking. Denk hierbij bijvoorbeeld aan geothermie

²⁴ Zonnepanelen op daken, zonthermie (zonnecollectoren/zonneboiler), omgevingswarmte (warmtepomp).

²⁵ Zie bijlage 'Windenergie' voor details provinciaal beleid.

²⁶ Zie bijlage 'Zonne-energie' voor details provinciaal beleid.

²⁷ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/brochures/2010/07/20/zonnecollectoren-en-zonnepanelen>.

voor een cluster van tuinders. Meestal is de gemeente verantwoordelijk voor de vergunningverlening, en zal de initiatiefnemer de netbeheerder moeten verzoeken voor de juiste aansluiting op het netwerk.

Uitzondering: bij geothermie is de Rijksoverheid verantwoordelijk voor de vergunningverlening, aangezien dit de diepe ondergrond betreft. De eventuele inpassing van de leidingen van de put naar de afnemers of het regionale warmtenet, valt wel weer onder de gemeente.

De provincie kan ervoor zorgen dat de maximale potentie van geothermie gerealiseerd wordt, door regie te nemen op de optimale ruimtelijke verdeling van geothermieputten.

Grootschalige opwekking – meestal voor de markt

Grootschalige opwekking wordt meestal geïnitieerd door projectontwikkelaars en investeringsmaatschappijen, mede vanuit commercieel belang. Het Rijk verstrekt subsidie om de onrendabele top te compenseren (regeling Stimulering Duurzame Energieproductie -SDE+).

Deze grootschalige opwekking moet, naast de wettelijke vereisten, passen binnen de vastgestelde provinciale en gemeentelijke beleidskaders. Afhankelijk van de grootte van de opwekking, is het Rijk of de provincie vergunningverlener.

De provincie kan grootschalige opwekking versnellen door beleidskaders voor wind- en zonne-energie te verruimen. Dit heeft uiteraard grote consequenties voor de ruimtelijke kwaliteit van het landelijk gebied. Verder zal de energie-infrastructuur invoeding van hernieuwbare opwekking mogelijk moeten maken en zal er soms ruimte moeten worden gecreëerd voor de opslag en eventuele omzetting van opgewekte energie. De rol die de provincie daarbij kan innemen, komt aan de orde in de deelstudie 'Energie-infrastructuur'.

Maatschappelijk draagvlak

Het ruimtebeslag van duurzame energieopwekking zal groot zijn. Ook inwoners die nut, noodzaak en urgentie van de energietransitie onderschrijven, kunnen ruimtelijke ingrepen in hun eigen omgeving echter afwijzen. Het particulier belang en het algemeen belang botsen dan. Hoewel de vraag óf zo'n ruimtelijke ingreep moet plaatsvinden niet gesteld kan worden (dat leidt alleen maar tot afwenteling), kunnen inwoners wel vroegtijdig betrokken worden bij de vraag hoe de inpassing moet plaatsvinden. Dit is meestal een gemeentelijke opgave. De provincie kan gemeenten hierbij wel ondersteunen.

Het maatschappelijk draagvlak zal naar verwachting vergroten als er ruim baan wordt gegeven aan initiatieven van onderop, zoals van lokale energiecorporaties of van gemeenten. De Omgevingswet zal daarbij de opdracht tot burgerparticipatie bij initiatiefnemers neerleggen. Van belang is dat overheden, in dit geval de provincie, aan initiatiefnemers én inwoners duidelijkheid bieden wat er onder een adequaat participatieproces verstaan wordt, om rechtsongelijkheid te voorkomen.

HANDELINGSPERSPECTIEF

PROVINCIE NOORD-HOLLAND

De provincie kan de energietransitie helpen versnellen dan wel realiseren door maatregelen te nemen op het gebied van opwekking van hernieuwbare energie. Deze staan hieronder per technologie aangegeven, inclusief de consequenties.

Geothermie

Geothermie is relatief kostenefficiënt en neemt bovengronds weinig ruimte in beslag. Er is weinig maatschappelijke weerstand. De provincie heeft geen rol in de vergunningverlening en er is geen aanpassing van het bestaand provinciaal beleid nodig om tot realisatie van de maximale potentie te komen. Wel is van belang dat een overheid regie neemt op de 'verkaveling' van deze boorputten, ten behoeve van optimale benutting van het beschikbare potentieel. Als beleidsontwikkelaar en regelaar zou de provincie deze rol goed op zich kunnen nemen.

Wind op land

De provincie realiseert al 685,5 MW aan windenergie op land. Om méér te realiseren, zal het beleidskader verruimd moeten worden, zie de bijlage 'Windenergie'. Hierbij moet rekening gehouden worden met het feit dat de impact van windturbines op de ruimtelijke kwaliteit en leefbaarheid groot is. Windturbines kunnen van grote afstand al zichtbaar zijn, bovendien is er sprake van geluidsproductie en slagschaduw. Dit kan zorgen voor maatschappelijke weerstand. Deelname van bewoners in lokale initiatieven kan het draagvlak dan weer vergroten. Verder is er sprake van een economisch belang: de aanleg en het onderhoud van windparken zorgt voor veel nieuwe werkgelegenheid.

Zonneweides en -opstellingen

Het ruimtebeslag van opstellingen van zonnepanelen kan groot zijn, maar de opstellingen zijn vaak niet erg zichtbaar van grote afstand, en ze produceren geen hinderlijke slagschaduw of geluid. Het effect van zonneweides op de bodem (voor toekomstige landbouw) is nog onbekend. Hier zou de provincie onderzoek naar kunnen doen. Duidelijk is wel dat zonneweides op agrarische gronden de productie van voedsel, biomassa of producten voor de biobased economy grotendeels uitsluit.

Meervoudig gebruik is technisch gezien mogelijk. Denk aan verkeersinfrastructuur (inclusief bermen, geluidswallen, parkeerterreinen en dergelijke) of de combinatie met windturbines. Er kan onderzoek gedaan worden naar de kansen en risico's voor veiligheid en ruimtelijke kwaliteit.

De provincie heeft ruimtelijk beleid voor zonneweides en -opstellingen, zie de bijlage 'Zonne-energie'. Indien dit beleid verruimd wordt, bijvoorbeeld ten aanzien van de (situatieafhankelijke) maximale omvang van de opstellingen, kan dit leiden tot meer en/of grotere opstellingen, en dus tot meer hernieuwbaar opgewekte energie.

Biomassa en biogas

Reststromen uit de landbouw en industrie kunnen goed verwerkt worden via vergisting, maar dit potentieel is beperkt. De provincie heeft hierbij geen rol. Vergassing van biomassa biedt groot potentieel en de provincie heeft een demonstratie-installatie hiervoor (Milena-Olga) mede gefinancierd. Wel is het zo dat het ruimtegebruik van de benodigde biomassa wordt afgewenteld op ander landen, en de import zelf ook energie kost (scheepvaart). Zie ook de bijlage 'Biomassa'.

Opwekking in de gebouwde omgeving (zonnepanelen, zonnecollectoren, warmtepompen)

Om de opwekpotentie in de gebouwde omgeving te benutten, moet een veelheid aan gebouw eigenaren in beweging worden gebracht. Dit komt aan de orde in de deelstudie 'Gebouwde omgeving'. De rol van de provincie hierbij is die van aanjager, stimulator en verbinder.

De invoeding van een eventueel surplus aan opgewekte elektriciteit op het net, en de impact van

warmtepompen op de piekvraag, vereist vooral initiatief van de netbeheerders. Dit komt aan de orde in de deelstudie 'Energie-infrastructuur'.

Al met al geldt dat geothermie en opwekking in de gebouwde omgeving hun maximale potentie kunnen realiseren binnen de beleidsruimte die de provincie Noord-Holland biedt. Vooral in de gebouwde omgeving kan de provincie versnelling bewerkstelligen door gebouweigenaren te stimuleren de benodigde aanpassingen aan gebouwen te realiseren. Dit komt aan de orde bij de deelstudie 'Gebouwde omgeving'.

Impact en consequenties

De provincie kan duurzaam in de resterende energievraag voorzien, maar dat vergt keuzes: hoeveel ruimte is er voor windturbines op land, zonneweides en zonne-opstellingen? En hoeveel import van biomassa vindt straks plaats? Méér van het een betekent dat er minder van het andere nodig is.

Een beeld van de duurzame energiemix in 2050 is niet te schetsen zonder vooruit te lopen op keuzes die de provincie nog gaat maken, onder meer in de Omgevingsvisie. Wellicht komen er ook nieuwe mogelijkheden. Of wordt de opgave lager door energiebesparende innovaties die we nu nog niet kennen.

Tijdpad en keuzemomenten

Alle drie de genoemde opties zijn relatief snel te realiseren. Vanuit het oogpunt van de energietransitie zijn keuzemomenten daarmee vooral afhankelijk van (nationale) doelstellingen en afspraken. Dat neemt niet weg dat er wel tijdig een integrale afweging en besluitvorming moet plaatsvinden, gezien de relatie die energieopwekking heeft met verstedelijking, mobiliteit en economie. Alleen dan kunnen de kansen voor meervoudig ruimtegebruik worden benut en kan verrommeling van het landschap worden voorkomen.

Op korte termijn kan de provincie:

- een visie opstellen voor de verkaveling van de ruimte voor een optimale verdeling van geothermieputten. Hoe eerder de grond optimaal verkaveld is, hoe meer de potentie van geothermie benut kan worden,
- onderzoek doen naar de mogelijkheden van transport van lage-temperatuurwarmte over lange afstanden,
- onderzoek doen naar de effecten van zonneweides op landbouwgrond,
- onderzoek doen naar de kansen en risico's van meervoudige gebruik van ruimte voor opwekking van duurzame energie,
- innovatie stimuleren met betrekking tot opslag van energie,
- met stakeholders een gebiedsgerichte aanpak opstellen voor clusters als het NZKG, Schiphol en de Greenport.
- onderzoek doen naar de beste wijze om rechtsongelijkheid bij participatievraagstukken te voorkomen.

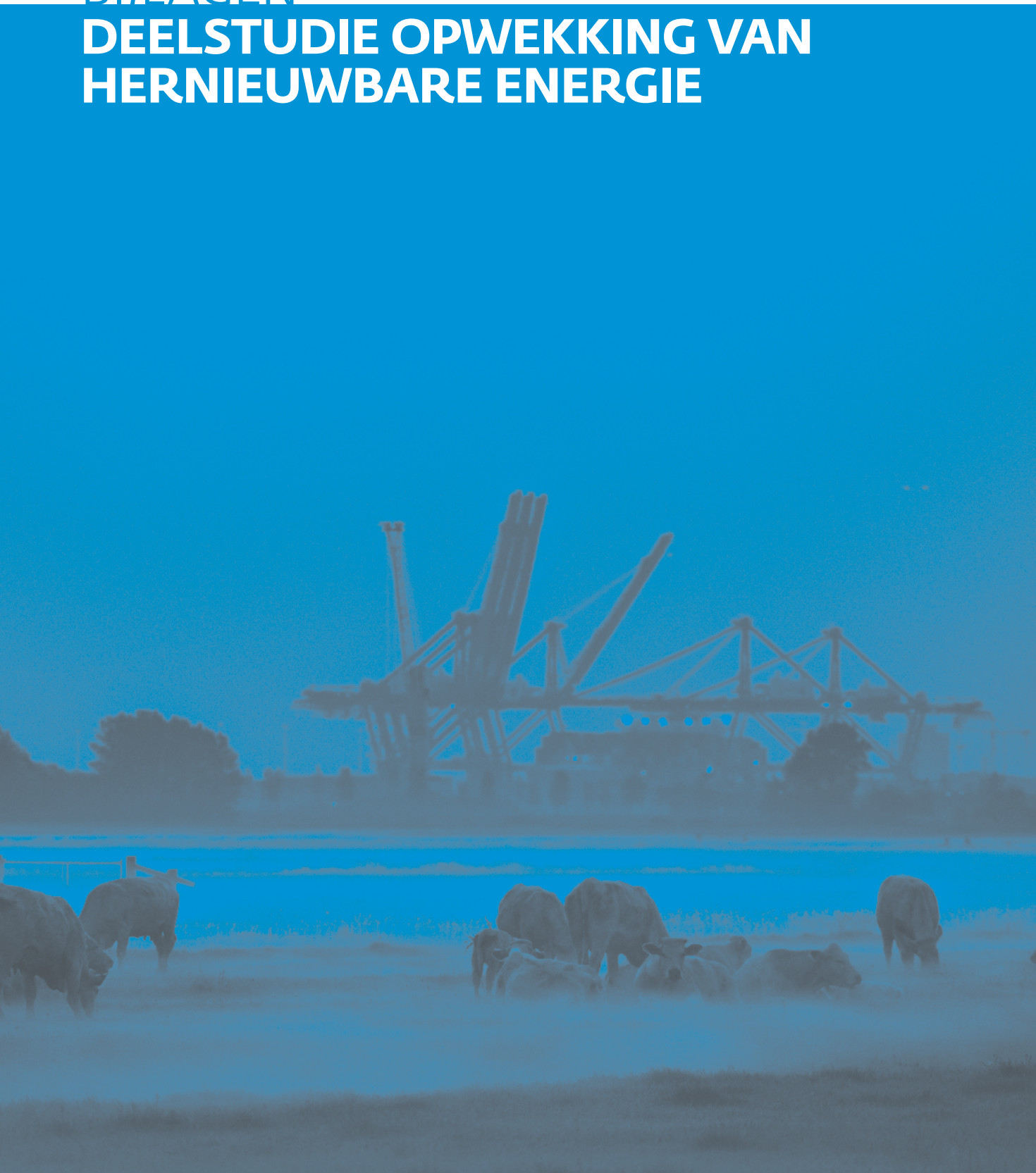
De provincie is al bezig met onderzoek naar de mogelijkheden van opwekking van hernieuwbare energie voor wat betreft de eigen organisatie, als eigenaar van gronden en infrastructuur. Zie hiervoor de factsheet 'Eigen organisatie'.

De provincie kan duurzaam in de resterende energievraag voorzien, maar dan moeten er keuzes gemaakt worden tussen hoeveelheden **windturbines op land, zonneweides en zonne-opstellingen**, en **import van biomassa**. Méér van het een betekent dat er minder van het andere nodig is. Hierbij moet rekening gehouden worden met verwachte wereldwijde schaarste aan biomassa, terwijl de andere opties door innovatie en opschaling steeds kostenefficiënter zullen worden. Verder wordt bij geïmporteerde biomassa het ruimtebeslag (met het risico van verdringing van voedselproductie of aantasting van natuurwaarden) afgewenteld op andere gebieden of landen. Bij wind op land en zonneweides en -opstellingen zal de provincie het belang van hernieuwbare energieopwekking moeten afwegen tegen zaken als ruimtelijke kwaliteit, leefbaarheid en andere vormen van agrarische benutting.

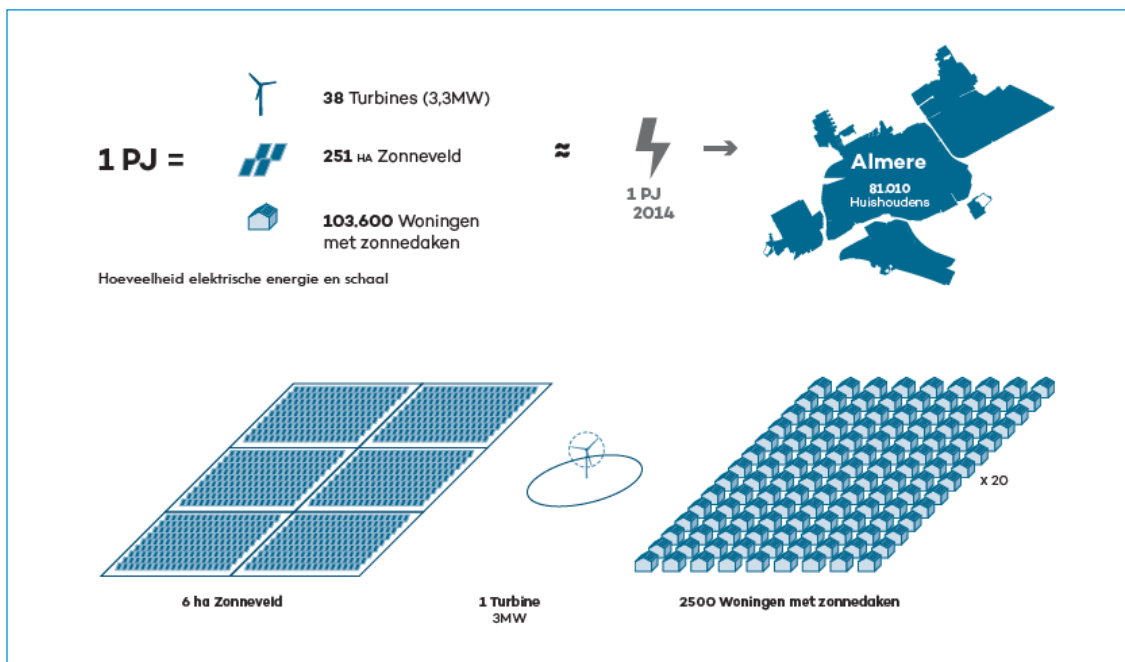
Alledrie de opties zijn technisch gezien relatief snel te realiseren. Vanuit het oogpunt van de energietransitie zijn keuzemomenten daarmee vooral afhankelijk van (nationale) doelstellingen en afspraken. Echter, gezien de relaties met verstedelijking, mobiliteit en economie is er wél een tijdige integrale afweging en besluitvorming nodig om kansen als meervoudig ruimtegebruik te benutten en risico's als verrommeling van het landschap te vermijden.

BIJLAGEN

DEELSTUDIE OPWEKKING VAN HERNIEUWBARE ENERGIE



HOEEVELHEDEN EN VERHOUDINGEN M.B.T. ENERGIE



Bron: Ruimtelijke Verkenning Energietransitie MRA

kilo (k)	*10 ³
mega (M)	*10 ⁶
giga (G)	*10 ⁹
tera (T)	*10 ¹²
peta (P)	*10 ¹⁵

1 J/sec	Watt (W)
3.600.000 J	Kilowattuur (kWh)
31,65 MJ/m ³	Aardgasequivalent
MWth	Megawatt thermisch vermogen
MWe	Megawatt elektrisch vermogen

Ruimtegebruik in ha per bron voor de opwekking van 4 TJ:

Zonneweide	1
Windturbine 2,3 MW	7
Biomassateelt energiegewassen	21
Zon op daken	22
Biomassa co-vergisting (mest)	20
Biomassa co-vergisting akkerbouw	198

GEOTHERMIE

Bij geothermie wordt heet water van grote diepte uit de aarde opgepompt uit zgn. 'watervoerende lagen'. Op 1,5 km diepte is het water in Nederland zo'n 70°C. Bij elke kilometer dieper de ondergrond in stijgt de temperatuur met ongeveer 30°C. Bij geothermie dieper dan vier kilometer is er sprake van 'ultradiepe geothermie'. Het water komt dan als stoom naar boven.

Hoe werkt geothermie?

Eerst worden er twee putten geboord. Het warme water komt naar boven via een productieput en gaat door een warmtewisselaar, deze brengt het koude water uit de bovengrondse verwarmingsbuizen op temperatuur. Dit warm geworden water gaat via het leidingennetwerk verder, bijvoorbeeld om de kassen te verwarmen. Het afgekoelde grondwater (circa 30°C) gaat via een injectieput weer terug de ondergrond in, zodat de grondwaterdruk gelijk blijft.

Er is overigens een zekere afstand tussen putten nodig. Dit betekent dat als ergens geboord wordt, een boring elders onmogelijk kan worden. Om inefficiënte verkaveling te voorkomen, is bovenlokale regie nodig.

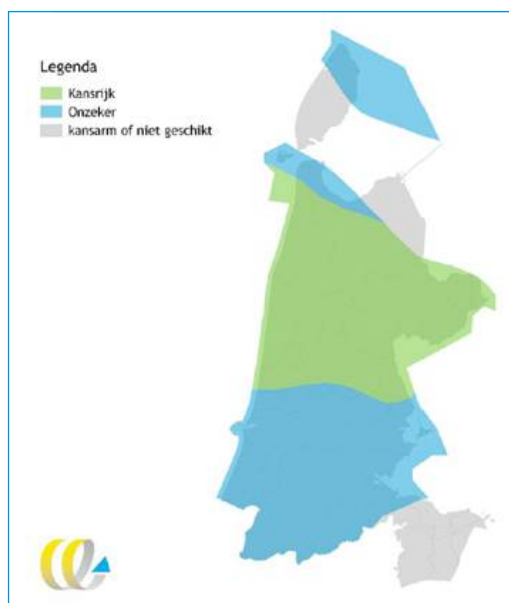
Voor- en nadelen ten opzichte van andere vormen van energieopwekking

Het voordeel is dat geothermie niet afhankelijk is van weersomstandigheden. Aardwarmte is echter niet oneindig beschikbaar. Het hete grondwater komt sneller uit de ondergrond naar boven dan de aarde het afgekoelde water, dat via de injectieput teruggepompt wordt, kan verwarmen. Het is nog onduidelijk hoe lang het precies duurt wanneer het grondwater begint af te koelen. Een ruwe schatting, gebaseerd op geologisch onderzoek, is dat een put minimaal zestig jaar meegaat. Daarna kan een put een tijd lang niet gebruikt worden.

Een ander voordeel is dat het een zogenoemde 'puntbron' betreft, met een hoog vermogen aan energie op een zeer klein oppervlak. De ruimtelijke inpassing is daardoor niet erg ingewikkeld.

Het boren van een productieput en een injectieput kost tussen de zeven en vijftien miljoen euro. Dat bedrag kan in de toekomst nog naar beneden. Bijvoorbeeld door de stalen boren te vervangen door sterke koolstofcomposiet. De zeer diepe geothermieboringen zijn een stuk duurder, namelijk tussen de veertig en vijftig miljoen euro per put. Voor glastuinbouw en de gebouwde omgeving (compacte bouw) is vooral de geothermie relevant welke relatief laagwaardige warmte levert. De kosten liggen dan op circa 45 euro per MWh.

Geothermie staat nog aan het begin van de ontwikkeling met vijftien gerealiseerde projecten (waarvan veertien in de glastuinbouw). Binnen het kader van het Nationaal Energieakkoord (2013) is er een versnellingsplan opgesteld, zodat er zo'n vier à vijf projecten per jaar gerealiseerd worden in plaats van één. Inzet hierbij is vooral op verbetering van de (moeizame) financiering, kennisontwikkeling en professionalisering van de hele aardwarmteketen.



Bron: CE Delft

In Noord-Holland Noord is geothermie kansrijk, maar de benodigde investeringen zijn hoog en de risico's op misboringen groot. Clustervorming en samenwerking kan helpen om businesscases rond te krijgen en risico's beter te spreiden. Door met andere regio's en andere partijen een risicofonds te ontwikkelen worden risico's draaglijk. Het is daarbij van belang dat ook andere sectoren (woningbouw, industrie) geothermie als kans gaan zien, zodat samen opgetrokken kan worden.

In Noord-Holland Zuid wordt geothermie vooralsnog als minder kansrijk gezien. Soms omdat de bodem niet geschikt zou zijn, soms omdat er twijfel bestaat of geschikte gebieden warm genoeg zijn. Meer onderzoek is nodig.

Veiligheid

Het risico op aardbevingen is bij geothermie minder groot dan bij gaswinning. Bij geothermie wordt opgepompt water weer teruggepompt, waardoor er geen grote verschillen in druk in de ondergrond ontstaan. Wel kan de ondergrond instabieler worden als er bijvoorbeeld door een breuklijn wordt geboord. Deze breuklijnen worden echter vooraf via seismisch onderzoek in kaart gebracht.

Geothermie heeft daarnaast risico's voor de drinkwatervoorziening. Bij boringen kunnen kleilagen worden doorboord, waardoor de waterlaag die voor drinkwater wordt gebruikt vervuild kan raken (door vervuild of zout water dat vanuit boven- of ondergelegen lagen indringt of door chemische middelen die bij het boren worden gebruikt). Ook kan de aardwarmte die naar boven wordt gehaald, via uitstraling het grondwater verwarmen, met bacteriegroei als gevolg. De provincies zijn primair verantwoordelijk voor de bescherming van het grondwater ten behoeve van de drinkwatervoorziening. In provinciale verordeningen is mijnbouw in gebieden met drinkwatervoorraden daarom meestal uitgesloten.

De Ontwerp Structuurvisie Ondergrond (Strong) is opgesteld om de belangen met betrekking tot de drinkwatervoorziening en de belangen met betrekking tot geothermie met elkaar in overeenstemming te brengen en de drinkwatervoorziening te beschermen.

WINDENERGIE

Windturbines kunnen op land, maar ook op een dijk of in een meer geplaatst worden. De kostenstructuur verschilt bij deze verschillende ondergronden, en is ook sterk afhankelijk van de schaalgrootte.

Windturbines kennen een klein direct ruimtebeslag op de grond, maar vanwege het risico van afbreken van rotorbladen mogen ze niet te dicht op kwetsbare bestemmingen als woningen of voorzieningen staan. Ook is er afstand tot andere windturbines nodig. Hierdoor is het indirecte ruimtebeslag groot. Deze ruimte kan vaak wel meervoudig gebruikt worden.

Wat doet de provincie Noord-Holland?

Het Rijk heeft de provincie Noord-Holland opgedragen de opwekking van 685,5 megawatt (MW) aan elektriciteit door middel van windenergie ruimtelijk mogelijk te maken. In 2015 is het ruimtelijk beleid voor opwekking van windenergie op land door PS vastgelegd in de Provinciale Ruimtelijke Verordening (PRV). De provincie realiseert de ruimte voor de 685,5 MW op vier manieren:

- Door mee te werken aan de realisatie van Windpark Wieringermeer (circa 250 MW).
- Door nieuwe windparken toe te staan. Een nieuw windpark moet gelegen zijn in een zogenoemd 'herstructureringsgebied'. Er zijn negen van deze herstructureringsgebieden aangewezen en in de PRV opgenomen. Inmiddels is er vergunning verleend voor zes nieuwe windparken.
- Door de eis te stellen dat het bouwen of opschalen van één windturbine alleen mag na verwijdering van ten minste twee andere windturbines op grondgebied van de provincie, zodat de totale hoeveelheid windturbines in Noord-Holland afneemt.
- Door het vermogen van windturbines die jonger zijn dan tien jaar en in 2020 het einde van hun economische levensduur nog niet bereikt hebben, mee te tellen. Dit realiseert al meer dan de helft van de door het Rijk gevraagde 685,5 MW.

De provincie staat overigens niet toe dat een omgevingsvergunning méér dan 685,5 MW ruimtelijk mogelijk maakt.

Er is vergunning verleend voor zes nieuwe windparken, te weten:

- Nieuwe Hemweg, gemeente Amsterdam
- Windpark Havenwind, gemeente Amsterdam
- Windpark Ferrum (Tata Steel), gemeente Velsen
- Windpark Waardpolder, gemeente Hollands Kroon
- Windpark Groetpolder, gemeente Hollands Kroon
- Windpark Spuisluis, gemeente Velsen

NB. 11 aanvragen voor windparken zijn afgewezen.

Een nieuw windpark moet voldoen aan de volgende regels:

- windparken moeten in een lijnopstelling staan van minimaal 6 turbines,
- er moet minimaal 600 meter afstand zijn tussen een turbine en woningen of bijvoorbeeld een school of ziekenhuis,
- voor elke nieuw te bouwen turbine, worden twee oude turbines verwijderd.

Daarnaast zijn er regels gesteld voor bijvoorbeeld ashoogte, rotordiameter en verschijningsvorm.

ZONNE-ENERGIE

Met behulp van zonne-energie kan zowel elektriciteit worden opgewekt (zonnepanelen ofwel PV-panelen) of warmte worden geleverd ten behoeve van procesverwarming, ruimteverwarming of warm tapwater (zonnecollectoren met zonneboiler). Zonnepanelen kunnen worden geplaatst op daken en variëren dan van heel klein (een paar kW bij huishoudens) tot meer dan 1 MW. Grootschalige veldopstellingen (zonneweides) zijn veel groter, vanaf circa 1 MW tot tientallen MW. De financiële aantrekkelijkheid van zonnepanelen is afhankelijk van schaalgrootte (hoe groter hoe kostenefficiënter, ook als je rekening houdt met extra kosten voor een netaansluiting) en de vraag of er wel of niet aan het net geleverd wordt (in verband met energiebelasting).

Wat doet de provincie Noord-Holland?

In de Provinciale Ruimtelijke Verordening (1 maart 2017) en de 'Uitvoeringsregeling opstellingen voor zonne-energie in het landelijk gebied' (12 juli 2016) stelt de provincie Noord-Holland een aantal voorwaarden en regels voor opstellingen voor zonne-energie, zoals bijvoorbeeld 'zonneweides', zie hier onder.

Wie gaat waarover?

- De provincie gaat over het landelijk gebied, de gemeenten over het stedelijk gebied.
- Gemeenten kunnen geen regels en bestemmingen in een bestemmingsplan opnemen die zonne-opstellingen in het landelijk gebied mogelijk maken.
- Wel kan een bestemmingsplan voorzien in de mogelijkheid voor zonne-opstellingen op gronden waar al nutsvoorzieningen zijn. Dit geldt weer niet voor leidingtracés (gas, water, elektriciteit) of infrastructuur (weg-, spoor-, water- en vliegverkeer, inclusief bermen, parkeerterreinen en dergelijke).

Vergunningverlening

- Er is een omgevingsvergunning nodig.
- Een vergunning kan worden verleend voor vijf tot 25 jaar. Daarna moeten opstellingen verwijderd worden. Voor dit laatste moet financiële zekerheid worden gesteld. De reden hiervoor is dat zonneparken worden gezien als tijdelijke functie, voor de middellange termijn. Op lange termijn verwacht men de energiebehoefte door innovaties op andere wijze in te kunnen vullen.

Eisen aan locatie, omvang en opstelling

- Er mogen geen zonne-opstellingen worden geplaatst in de EHS (Natuurnetwerk Nederland) en provinciale Ecologische verbindingzones, het UNESCO-erfgoed de Stelling van Amsterdam, bufferzones en weidevogelleefgebieden.
- Een zonne-opstelling sluit aan minimaal één zijde aan op bestaand stedelijk gebied. Indien de locatie grenst aan woonbebouwing, dan dient de afstand tussen de opstelling en de woonbebouwing minimaal 50 meter te bedragen.
- De omvang is gemaximeerd (5-25 ha). Daarbij geldt dat hoe meer een locatie aansluit op bestaand stedelijk gebied of de bepaalde infrastructuur, hoe groter de omvang van de opstelling mag zijn. Wel kan uit oogpunt van ruimtelijke kwaliteit hiervan worden afgeweken.
- De hoogte van een opstelling voor zonne-energie bedraagt maximaal 1,50 meter, gemeten vanaf het maaiveld.
- De bodem onder de opstelling mag niet worden verhard of verdicht.
- De terreinafscherming moet passend in de omgeving en faunavriendelijk zijn.

Onzekerheden

Er is maar beperkt onderzoek gedaan naar de ecologische effecten van zonneparken. De gevolgen voor landbouw zijn ook nog onduidelijk: zowel voor wat betreft concurrentie met voedselvoorziening als om effect op de regionale landbouwstructuur (verkaveling, schaalvoordelen).

BIOMASSA

Biomassa betreft producten die bestaan uit plantaardig landbouw- of bosbouw materiaal of plantaardig afval, kurkafval of houtafval, waar biobrandstof van gemaakt kan worden. Vaak wordt het volgende onderscheid gemaakt:

- Conventionele biobrandstoffen: gemaakt uit suikers, zetmeel, plantaardige olie of dierlijke vetten. De productie hiervan concurreert sterk met voedselproductie.
- Geavanceerde biobrandstoffen: gemaakt uit houtachtige planten of uit oneetbare gedeelten van voedselgewassen. De productie concurreert daardoor minder met voedselproductie. Hieronder vallen ook nieuwe ontwikkelingen, denk aan algen en zeewier.

Hernieuwbare energieopwekking

Er worden diverse omzettingsprocessen gebruikt om energie uit biomassa op te wekken. Deze energie telt als 'hernieuwbaar opgewekt', omdat de koolstof in biomassa en biobrandstof van biogene oorsprong is, en relatief recent uit de atmosfeer onttrokken is (kort-cyclisch). Mondiaal is daarom afgesproken dat de emissies die vrijkomen bij de verwerking van biomassa en verbranding van biobrandstoffen, niet meetellen voor de CO₂-uitstoot.

Omzettingsprocessen zijn bijvoorbeeld:

- Het **verbranden** van biomassa (vooral snoeihout en tak- en tophout uit het bosbeheer), in grote of kleine ketels voor de productie van elektriciteit en/of warmte in de industrie of in huishoudens.
- Het **vergisten** van natte biomassa (mest, slib, reststromen uit de voedingsindustrie, GFT-afval, gras, in de toekomst wellicht zeewier) tot biogas. Hiervoor is een vergistingsinstallatie nodig.²⁸ Biogas kan ingezet worden als vervanging voor aardgas of er kan bio-LNG²⁹ voor het zwaar transport van gemaakt worden. Het restproduct van vergisting is digestaat. Afhankelijk van het type biomassa dat gebruikt is en de nabewerking, kan digestaat als meststof gebruikt worden of als afvalproduct eindigen.
- Het **vergassen** van droge biomassa (meestal geïmporteerde houtpellets, ofwel gecompriëerde houtsnippers) tot synthesesgas ('syngas'), waterstof en/of methaan. Vergassing is een snel en goed beheersbaar proces dat bij een gelijk volume aan biomassa meer biogas oplevert dan vergisting.³⁰
- Het **roosteren** van houtmassa (torrefactie). Deze voorbewerking maakt biomassa makkelijker te vermalen, wat van belang is voor bijstook van biomassa in kolencentrales en het samenpersen tot pellets, maar wordt in Nederland nauwelijks toegepast. De regering is voornemens om de bijstook van biomassa in kolencentrales na 2024 stop te zetten

Als biogas uit vergisting of methaan uit vergassing gezuiverd is en op dezelfde kwaliteit als aardgas is gebracht, mag het 'groen gas' worden genoemd en kan het ingevoerd worden op het aardgasnet. Deze opwerking kost wel weer extra energie.

²⁸ Hierbinnen wordt weer onderscheid gemaakt tussen 'monovergisting' uit één reststroom (meestal mest), en 'co-vergisting' uit meerdere reststromen. Het gaat dan om minimaal 50 procent mest in combinatie met vaste biomassa.

²⁹ Liquified natural gas.

³⁰ <http://eduweb.eeni.tbm.tudelft.nl/TB141E/?groen-gas>.

Producenten

Verbranding van biomassa in ketels gebeurt op diverse plaatsen in de industrie, veelal daar waar lokaal warmtevraag is en regionaal biomassa beschikbaar. Ook bij huishoudens wordt nog een aanzienlijke hoeveelheid hout gestookt. Mogelijke producenten van biogas uit vergisting zijn agrarische en industriële bedrijven die hun eigen afvalstromen verwerken, of afvalverwerkingsbedrijven en afvalwaterzuiveringsbedrijven.³¹

Schaarste

De productie van biomassa kan leiden tot ontbossing van regenwoud of concurreren met de voedselvoorziening. Het overgrote deel van de biomassa dat momenteel in Nederland wordt ingezet, bestaat overigens uit rest- en afvalstromen waarbij deze issues niet optreden. Voor het borgen van de duurzaamheid van biomassa heeft de Europese Commissie richtlijnen opgesteld, en heeft in Nederland de Commissie Corbey aanbevelingen gedaan. In het kader van het energieakkoord hebben bedrijven en groene ngo's samen duurzaamheidseisen opgesteld voor de biomassa die voor bij- en meestook in kolencentrales gaat worden geïmporteerd.

Een van de aanbevelingen bij gebruik van biomassa is hantering van het principe van cascadering: biomassa wordt alleen ingezet voor productie van energie als er nog on vervulde vraag naar dezelfde biomassa is voor andere doeleinden met hoger nut, zoals voedselvoorziening. Hierdoor zal het mondiale aanbod van biomassa voor energie beperkt blijven, tenzij de toekomstige generaties het mogelijk maken alternatieve biomassabronnen te ontsluiten.

Gezien de verwachte schaarste aan biobrandstoffen, zullen landen en sectoren om biomassa concurreren. Dit betekent dat biomassa/biobrandstof alleen dáár zal moeten worden ingezet waar geen alternatieve duurzame energiebronnen voorhanden zijn, zoals in de industrie (hoge temperatuurwarmte) en voor het zwaar transport (transportbrandstof).

Het potentieel aan vaste, droge biomassa voor energie dat voor Nederland beschikbaar kan zijn is onzeker, maar 250 PJ lijkt een redelijk zeker minimum³². De energie-inhoud van het nationale potentieel aan biogas in 2020 is naar verwachting circa 15-20 PJ in 2020 en kan volgens de prognoses in de periode 2020-2030 verdrievoudigen.³³

31 <http://eduweb.eeni.tbm.tudelft.nl/TB141E/?groen-gas>

32 IPCC Special Report on Renewables: <http://www.ipcc.ch/report/srren/>; geeft een vrij zeker minimum potentieel van 100 EJ; bij een verdeling naar Nederland op basis van aandeel NL in de toekomstige wereldbevolking ('per capita') van 0,25 procent geeft dat 250 PJ.

33 Routekaart hernieuwbaar gas (ECN 2015)

OVERIGE VORMEN VAN OPWEKKING VAN HERNIEUWBARE ENERGIE

Energie uit water

Nederland is een relatief vlak land en het verval van rivieren is gering. Toch zijn er manieren om met water elektriciteit op te wekken. Het totaalpotentieel is echter niet enorm groot:

- de bestaande civiele werken in rivieren, zoals sluizen, kunnen voldoende valhoogte creëren om elektriciteit op te wekken in waterkrachtcentrales.
- uit de stroming van water kan zogeheten vrijestromingsenergie worden opgewekt, bijvoorbeeld bij getijdenstroming door damdoorlatingen of bij zeeweringen.
- osmose is een manier waarbij elektriciteit kan worden opgewekt door het verschil in zoutconcentratie tussen zoet en zout water te benutten. Deze vorm van elektriciteitsopwekking bevindt zich echter nog sterk in het innovatiestadium, waardoor kosten nog hoog zijn en het nog niet op commerciële schaal beschikbaar is.

Energie uit lucht, water of bodem (met inzet van warmtepomp, WKO)

De warmtepomp brengt lage-temperatuurwarmte uit lucht, water of bodem naar een hogere temperatuur, zodat deze geschikt is voor bijvoorbeeld ruimteverwarming. Weliswaar gebruikt de warmtepomp hiervoor elektriciteit, maar het totale energieverbruik vermindert hierdoor aanzienlijk door de nuttige aanwending van omgevingswarmte. Per saldo resulteert de warmtepomp dan ook in een energiebesparing. De warmtepomp wordt vaak ingezet bij gebruik van restwarmte, en altijd bij warmtekoudeopslag (zie hieronder). Warmtepompen kunnen overigens ook warmte uit de bodem of het grondwater benutten, maar die opties zijn flink duurder.

Warmtekoudeopslag is een methode om energie in de vorm van warmte of koude op te slaan in de bodem (tot circa 100 meter) en naar boven te halen als gebouwen verwarmd of gekoeld moeten worden. Bij een open systeem wordt grondwater opgehaald en langs een warmtewisselaar geleid om daar warmte (of kou) af te geven. Bij een gesloten systeem wordt geen grondwater rondgepompt, maar water met antivriesmiddel (door een gesloten buizensysteem). Dit onttrekt vervolgens warmte (of juist kou) aan de ondergrond. De energiebesparing die hiermee gemoeid is, is afhankelijk van de lokale ondergrond. Besparingen van 95% op koeling en 40-50% op verwarming zijn in principe mogelijk.

BIJLAGE

STIMULERINGSBELEID GERICHT OP OPWEKKING VAN HERNIEUWBARE ENERGIE (BRON RVO.NL)

Algemene rijksregelingen:

- **Energie-investeringsaftrek (EIA)**
Deze regeling biedt fiscaal voordeel voor bedrijven, stichtingen en verenigingen die investeren in energiezuinige technieken en duurzame energie.
- **Risico's dekken voor aardwarmte (RNES Aardwarmte / Garantiefond geothermie)**
Deze regeling zorgt voor dekking bij misboren en achterblijven van het werkelijk vermogen op het geschat vermogen.
- **De Investeringssubsidie duurzame energie (ISDE)**
Geeft particulieren, woningcorporaties én bedrijven een tegemoetkoming voor de aanschaf van zonneboilers, warmtepompen, biomassaketels en pelletkachels.
- **Regeling groenprojecten**
Fiscaal voordeel voor ondernemers, particulieren, overheden en organisaties die groen sparen of beleggen, of groene projecten willen financieren.
- **SDE+**
Deze subsidie compenseert het gat tussen de prijs van grijze en groene stroom. Tweemaal per jaar kan SDE worden aangevraagd. Hierbij geldt dat duurzame energieopwekking met een lage kostprijs voorrang krijgt. Dus, hoe lager de inschrijving, hoe groter de kans dat de subsidie verstrekt wordt.
- **Energietransitie Financieringsfaciliteit (ETFF)**
Overheidsgarantie bij investeringen in 'nog niet volwassen' deelmarkten binnen de energietransitie zoals geothermie, energiebesparing, energieopslag en biomassa.
- **MIA (Milieu Investerings Aftrek) en VAMIL**
Fiscale regelingen om milieu-investeringen te stimuleren.
- **DEI-regeling (Demonstratie Energie Innovatie)**
Subsidieregeling van de Topsector Energie t.b.v. energie-innovaties met potentieel voor verkoop in het buitenland en werkgelegenheid in Nederland.

BRONNEN

Toekomstperspectieven energietransitie Noord-Holland.

De ruimtelijke effecten van de energietransitie in Noord-Holland (ECN, 2015).

Energie en ruimte Noord-Holland Noord. Verkenning van ruimtelijke perspectieven voor de energietransitie in Noord-Holland Noord (Studio Marco Vermeulen 2017).

Ruimtelijke verkenning Energietransitie MRA (ECN/Marco Broekman/Posad 2017).

Staat van de energietransitie Noord-Holland (PNH 2018).

Nationale Energie Verkenning (ECN 2017).

Verkenningen NH2050 (PNH 2016).

Economische kansen en bedreigingen Energietransitie. Analyse voor de Provincie Noord-Holland, (Buck Consultants 2017).

BIJLAGE

Deelstudie Opwekking van hernieuwbare energie

Routeplanner Energietransitie 2020-2050

Colofon

Uitgave

Provincie Noord-Holland
Postbus 123 | 2000 MD Haarlem
Tel.: 023 514 31 43 | Fax: 023 514 40 40
www.noord-holland.nl
post@noord-holland.nl

Eindredactie

Provincie Noord-Holland
Directie Beleid | Sector Integratie Opgaven en Transitie

Fotografie

Provincie Noord-Holland

Grafische verzorging

Xeroxmediaservices

Haarlem, februari 2018