

## Decentrale, duurzame energiesystemen en -opslag

**Citation for published version (APA):**

Herder, P. M., Verbong, G. P. J., Smit, G. J. M., & Buisman, C. J. N. (2014). Decentrale, duurzame energiesystemen en -opslag. In *Agenda voor Nederland* (blz. 8-13). Technische Universiteit Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/2014

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

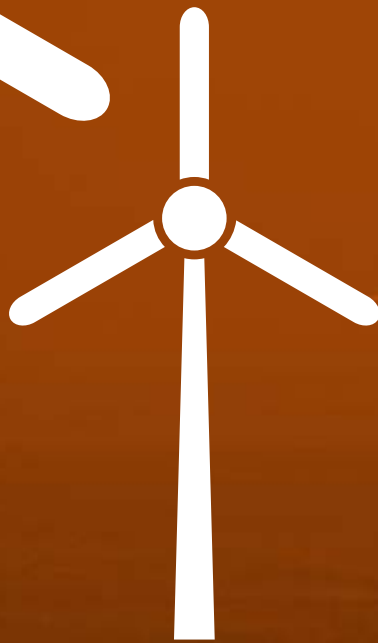
[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.



# DECENTRALE, DUURZAME ENERGIESYSTEMEN EN -OPSLAG

Prof. dr.ir. Paulien M. Herder, prof. dr.ir. Geert P.J. Verbong, prof.dr.ir. Gerard J.M. Smit,  
prof.dr.ir. Cees J.N. Buisman

Nederland staat voor de uitdaging om de energievoorziening duurzaam te maken, dat wil zeggen dat we op termijn naar een energiesysteem moeten dat CO<sub>2</sub>-neutraal is. Een energiesysteem waarbij grootschalige, centrale opwekking efficiënt gecombineerd wordt met decentrale, kleinschaliger opwekking. Een belangrijke uitdaging daarbij is dat bij decentrale opwekking, uit bijvoorbeeld wind en zon, sprake is van een fluctuerend aanbod van energie, dat niet altijd en overal precies past op de vraag. Hiervoor zijn, anders dan in het huidige systeem, technieken zoals decentrale aanbodsturing en opslag van energie nodig. Daarbij gaat het dan om opslag van energie voor lange en korte periodes (denk aan seizoenseffecten of fluctuaties die op één dag plaatsvinden).

Dit essay gaat in op de uitdaging voor Nederland om decentrale, duurzame energiesystemen en opslagsystemen in te passen in het huidige energiesysteem. We bakenen ons essay af door ons op de gebouwde omgeving en de bijbehorende lokale energiedistributienetwerken te richten, omdat deze in Nederland een cruciale rol spelen in de verduurzaming van de energievoorziening. We realiseren ons dat we hiermee geen uitputtend overzicht kunnen geven. We doen op basis van onze afgebakende analyse van uitdagingen en kansen, een voorzet voor een deelset van belangrijke elementen voor de lange-termijn kennisagenda.

## DECENTRALE, DUURZAME ENERGIESYSTEMEN EN -OPSLAG

### **Onafhankelijk worden van fossiele brandstoffen**

De energievoorziening in Nederland staat voor een grote uitdaging: zij moet zodanig omgevormd worden dat we in 2050 een systeem hebben dat schoon, betaalbaar, betrouwbaar, rechtvaardig en acceptabel is. Een belangrijk onderdeel hiervan is minder afhankelijk te worden van fossiele brandstoffen en op termijn, in 2050, geheel CO<sub>2</sub> neutraal te worden, vooral omdat de wereldwijde vraag naar energie sterk toeneemt. Dit geeft geopolitieke spanningen. De inpassing van decentrale bronnen (wind, zon, biomassa, waterkracht, etc.), is in die transitie noodzakelijk en deze inpassing gaat vooral plaatsvinden in de gebouwde omgeving en het distributienetwerk. Hier bevinden zich de lokale, fluctuerende bronnen en de fluctuerende consumptiepatronen waardoor een lokale afstemming noodzakelijk wordt en op efficiënte wijze ingericht moet worden.

Door de inpassing van decentrale bronnen moet ook het sturingsmodel ingrijpend aangepast worden van een centrale sturing, waarbij grote centrale opwekking in elektriciteitscentrales en gasproductiestations de consumptie volgen, naar een decentrale sturing waarbij productie en gebruik lokaal in evenwicht gebracht zullen worden, in combinatie met nieuwe manieren van energieopslag. Hierdoor ontstaan lokale energiesystemen die decentrale governance vereisen, bijvoorbeeld in de vorm van 'energy communities' die op een bottom-up manier tot stand zullen komen. De technische en economische inpassing van deze communities in het regionale en nationale energiesysteem is een zeer actuele uitdaging voor de wat kortere termijn, die noodzakelijk is om ons energiesysteem op termijn om te vormen naar een duurzaam, betaalbaar en betrouwbaar systeem. In deze decentralisering spelen smart grids (slimme netwerken die door technologieën gebruikt

worden om het elektriciteitsnet te beheren) en ICT een belangrijke rol bij de lokale afstemming van vraag en aanbod. Bovendien kan ICT ook een belangrijke bijdrage leveren aan het verbeteren van de energiezuinigheid. Zuinige ICT systemen zijn belangrijk voor het reduceren van de totale maatschappelijke energiebehoefte. Maar met deze ICT en data-intensivering komen ook uitdagingen naar boven op het vlak van toename in energieverbruik door ICT, acceptatie, privacy en eigendomsrecht van grote hoeveelheden gegenereerde data. Dat betekent dat we hiervoor op zoek moeten naar maatschappelijk verantwoorde innovaties. Bovendien moeten dit soort systemen uiterst betrouwbaar werken en bestand zijn tegen cyberaanvallen.

Op zich zijn deze uitdagingen niet uniek voor Nederland; ze spelen ook in andere landen. De ligging van Nederland in een delta waar veel mensen op een klein oppervlak leven is wel uniek en dat maakt de vraag naar duurzame energiesystemen en opslag extra dringend.

### **Door decentrale oplossingen ontstaat meer bedrijvigheid**

Economische sterktes in Nederland op het vlak van decentrale energiesystemen en opslag in de gebouwde omgeving zijn onder andere:

- Een innovatieve zonnestroomsector en electronicsector (chipfabrikanten en toeleveranciers)
- Een zich snel ontwikkelende ICT / smart grid sector: o.a. in proeftuinen
- Een actieve bouwsector met vernieuwingsdrang
- Een sterke en innovatieve tuinbouwsector: klimaatbeheersing en lokale systeemintegratie

Nederland kan hierdoor gaan fungeren als een (Europese) proeftuin voor de energietransitie in

de energie-intensieve stedelijk regio's, mits een aantal problemen overwonnen kunnen worden zoals de hoge afhankelijkheid van inkomsten uit gas en de sterke machtspositie van de energiebedrijven. Niet-economische factoren die de proeftuin-potentie van Nederland kunnen bevorderen, zijn onder meer het hoge kennisniveau, onze fijnmazige energie-infrastructuur (voor stroom en gas) en de mondige bevolking (denk aan de 'energy communities'). Verder biedt Nederland een aantrekkelijk vestigingsklimaat aan internationale clean tech bedrijven. De kennis die de energiesector opdoet met de proeftuin in de gebouwde omgeving kan vermarkt worden naar Europa en de rest van de wereld. Aangezien de wereld in rap tempo verstedelijkt, ligt hier een grote kans voor het bedrijfsleven.

Er zijn ook kansen voor bedrijven voor het ontwikkelen van nieuwe lokale opslagsystemen en het omzetten c.q. opslaan van elektriciteit in batterijen, moleculen (gas, ammoniak, methanol, waterstof, etc) of warmte/koude. De business case voor energieopslag, zoals inspelen op veranderende energieprijzen of capaciteitsprijzen, is in de huidige energiemarkt nog niet effectief, maar de verwachting is dat deze op korte termijn effectief kan worden (o.a. door meer fluctuerende bronnen en de uitbouw van elektriciteitsopwekking en elektriciteitsdistributie).

Nieuwe partijen spelen al in op de steeds wisselende elektriciteitsprijzen, zoals de waterschappen die de poldergemalen aanzetten als het waait en het waterpeil iets laten oplopen als het niet waait. Hierdoor kunnen op lokale schaal, binnen de gebouwde omgeving, vraag en aanbod in balans worden gebracht. Dit geldt overigens ook op grotere schaal voor veel bedrijven die straks kunnen kiezen om allerlei processen op gas en/of stroom te laten draaien. Op deze manier zal gas primair een (lokaal)

opslagmedium gaan worden en wordt elektriciteitsopwekking en elektriciteitsdistributie van allerlei processen belangrijker. Dit zelfde zien we in de gasloze wijken, waar ruimteverwarming elektrisch plaatsvindt met warmtepompen. Ook is er grote belangstelling om biologische processen op zonnestroom te laten lopen. Het is veel efficiënter (qua energie, landoppervlak en watergebruik) om bacteriën op een electrode te laten groeien op stroom die via zonnepanelen opgewekt wordt. Dit nieuwe veld van bio-electro-synthese biedt op termijn grote kansen.

Belangrijke andere nieuwe ontwikkelingen die business kunnen genereren, vinden plaats in diverse energietoepassingen. Zo zijn er onder meer energie-producerende woningen. Maar ook mobiliteit is een relevante toepassingsmarkt. Denk bijvoorbeeld aan verbeterde batterijen voor elektrische voertuigen, waarmee de opgeslagen energie in de batterij van de auto gebruikt kan worden voor het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit.

Vanuit internationaal perspectief is Nederland sterk op het gebied van systeemintegratie. We zien nu al dat verschillende spelers elkaar opzoeken vanuit de zonnestroomsector, smart grids en de gebouwde omgeving om samenwerkingsverbanden aan te gaan waardoor nieuwe business cases ontwikkeld kunnen worden.

In Nederland zijn voldoende bedrijven om de gebouwde omgeving te transformeren naar een duurzaam, decentraal energiesysteem. Veel van deze bedrijven hebben een goede naam op wereldniveau. Daarnaast zijn we in Nederland sterk in het aangaan van samenwerkingsverbanden en maatschappelijk verantwoord innoveren staat hoog in het vaandel. Dit is van belang om technologische ontwikkelingen te koppelen aan

## DECENTRALE, DUURZAME ENERGIESYSTEMEN EN -OPSLAG

maatschappelijke behoeften en randvoorwaarden. Schaalgrootte is daarbij niet altijd vanaf het allereerste begin van belang, aangezien men ook in kleinere niches kan beginnen. Op die basis worden een aantal business cases in proeftuinen uitgewerkt: door klein te beginnen terwijl men de strategische dimensie (in dit geval: een duurzame, betaalbare, betrouwbare, acceptabele en rechtvaardige energievoorziening) in het oog houdt.

### **Sterke positie systeemkennis inzetten**

Nederland beschikt over een sterke kennispositie op het gebied van micro grids en smart grids, inclusief de ICT component daarin (algoritme, control, wiskunde). Kennis over energiedragers is ook ruimschoots aanwezig denk aan chemicals vanuit de chemie sector, gas vanuit de gassector, warmte/koude vanuit de klimaatbeheersing/tuinbouw. En naast korte-termijn opslag van energie hebben we ook kennissterktes voor lange-termijn opslagsystemen. Lange-termijn opslag op lokale schaal van bijvoorbeeld zonne-energie in batterijen of moleculen, warmte/koude, is cruciaal voor de toekomst. Hiervoor hebben we in Nederland een uitstekende kennisbasis ten aanzien van zonnecellen (denk aan Solliance) en in batterijen en solar fuels.

De vervagende grenzen tussen sectoren spelen hierbij ook een rol, vooral omdat de energievoorziening voor alle sectoren een belangrijke infrastructuur is. Denk naast de ICT sector, bijvoorbeeld aan integratie van mobiliteit en energie, zoals elektrische auto's die balansfuncties binnen energienetten kunnen vervullen of (waterstof) auto's die fungeren als virtuele faciliteit om elektriciteit op te wekken op het moment dat de auto niet als voertuig in gebruik is. In de kennissector in Nederland is een zelfde sectorintegratie noodzakelijk en gaande.

Een belangrijk onderdeel van de Nederlandse kennispositie op energiegebied zijn de goede en relevante opleidingen, zowel op MBO, HBO en WO niveau. Opleidingen op energie gerelateerde gebieden zijn sterk aan de 3TUs, op het gebied van elektrotechniek, wiskunde, informatica, bouwkunde, architectuur, chemie en natuurkunde, maar ook op aanpalende gebieden als bestuurskunde, economie, psychologie en ethiek. Bovendien komt er steeds meer aandacht voor systeemdenkers en ingenieurs die deze socio-technische en maatschappelijk verantwoorde systemen integraal kunnen ontwerpen. Dit wereldwijd sterk opkomende veld van "comprehensive engineering", waarin Nederland een voorhoederol speelt, ontwikkelt cruciale kennis voor de inpassing van duurzame decentrale opwekking en opslag dichtbij de gebruikers in de gebouwde omgeving.

### **Zelfvoorzienende woonwijken geïntegreerd met duurzame mobiliteit**

In 2050 zal ons energiesysteem radicaal veranderd zijn. De gebouwde omgeving zal een belangrijke katalysator vormen naar een totaal duurzame energievoorziening. Niet alleen omdat de gebouwde omgeving een belangrijke energieconsument en -producent is, maar ook omdat hier grote kansen liggen om een trekkersrol te spelen. Echter voordat we een woonwijk hebben waarin het energiesysteem decentraal, duurzaam, betaalbaar, betrouwbaar, en zo mogelijk zelfs geheel zelfvoorzienend is, staan we voor een paar grote vernieuwingsopgaven, die de gehele innovatieketen beïnvloeden.

Het veel beter voorspellen van energieproductie en -consumptie met het doel om energieverbruik te optimaliseren en verspilling tegen te gaan, vormt daarbij een eerste uitdaging. Duurzame energieproductie op basis van zon en wind is moeilijk voorspelbaar. Hieruit volgt de uitdagende

vernieuwingsopgave om op hoog geografisch detailniveau voor kleine tijdstappen een goede zon- en windvoorspelling te doen op basis van computermodellen. Deze voorspelling kan dan (real-time) dienen als input voor geoptimaliseerd gebruik van het energienet. Met de introductie van de hiervoor benodigde smart grids en ICT systemen doemt de vraag op hoe deze systemen zodanig in het energiesysteem geïntegreerd kunnen worden dat ze energiezuinig zijn en betrouwbaar werken, en op een acceptabele manier geïmplementeerd worden. Daarvoor is ook maatschappelijke innovatie van belang, waarbij ingesleten rollen, structuren en processen vernieuwd moeten worden.

Een tweede vernieuwingsopgave betreft de integratie van sectoren op diverse niveaus zoals de woonwijk of straat. Elektrische auto's worden bijvoorbeeld vooral in bepaalde wijken of straten opgeladen en daar zullen dan

problemen ontstaan ten aanzien van energieopslag of netwerkcapaciteit. Op de langere termijn is de vraag hoe dit soort oplaadsystemen in een lokaal energiesysteem gaan opereren. Hiervoor is kennisontwikkeling nodig om te komen tot een adequate oplossing binnen een mee te ontwerpen business- en reguleringskader.

Een derde vernieuwingsopgave betreft de kunst om slimme combinaties te maken tussen technologieën waarbij de gebruiker meer centraal komt te staan. Denk bijvoorbeeld aan het opzetten van lokale energie co-operaties. Verzet tegen windmolens verdwijnt als de lokale gemeenschap een aandeel heeft in de opbrengsten. Toekomstige decentrale energiesystemen worden een integraal deel van ons leven en zullen een hele nieuwe dynamiek met nieuwe business modellen met zich meebrengen.