

ENERGIE IN BALANS

SAMENVATTING

Deze whitepaper is deel van een serie whitepapers van lectorenplatform Energievoorziening in Evenwicht (LEVE) en beschrijft hoe - voor een goed functionerend energienetwerk - vraag en aanbod van energie altijd in balans moeten zijn.

Balans is noodzakelijk, zowel voor een elektriciteitsnetwerk als voor netwerken waarmee warmte of gas vervoerd worden. Dat betekent dat bronnen die afhankelijk van het weer een bepaalde opbrengst leveren aangevuld moeten worden met andere bronnen die goed en snel stuurbaar zijn. Het betekent ook dat flexibiliteit van de gebruikers kan helpen om dit te organiseren (o.a. vraagsturing).

Balans in het energiesysteem wordt bereikt door de plaats, het tijdstip en de vorm waarin energie wordt aangeboden te matchen met plaats, tijd en vorm van het gebruik. En daarmee gaat balans over transport, opslag en conversie van energie.

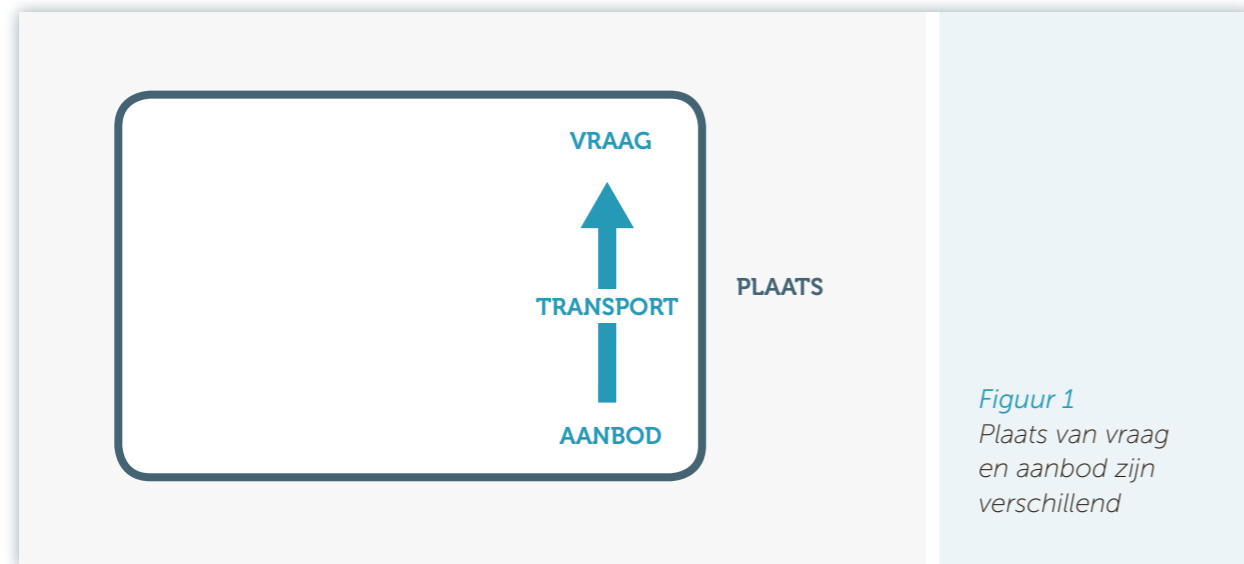


INLEIDING

Hoe zorgen we ook in de toekomst dat de hoeveelheid energie die gevraagd wordt in balans is met de hoeveelheid energie die beschikbaar is? Dat is een belangrijke vraag in de energietransitie.

Deze whitepaper beschrijft de uitdaging van het evenwicht van de energievoorziening en wat er nodig is om dit evenwicht ook in de toekomst te behouden. Het gaat daarmee over de plaats- en tijdafhankelijkheden van de beschikbaarheid en het gebruik van energie.

In [whitepaper #1: Energie per jaar en per persoon](#) en [whitepaper #2: Energie: waar het vandaan komt en naartoe gaat](#) staat beschreven over hoeveel opwek en gebruik het in Nederland gaat.



ENERGIE EN PLAATS

De beschikbaarheid van energie is zowel tijdsgebonden als plaatsgebonden. Als plaats van aanbod en vraag niet overeenkomen is er behoefte aan transport. Een voorbeeld is dat er op zee steeds meer elektriciteit wordt opgewekt met windmolens. De gebruikers zitten niet op zee, maar zijn bijvoorbeeld industriegebieden op land.

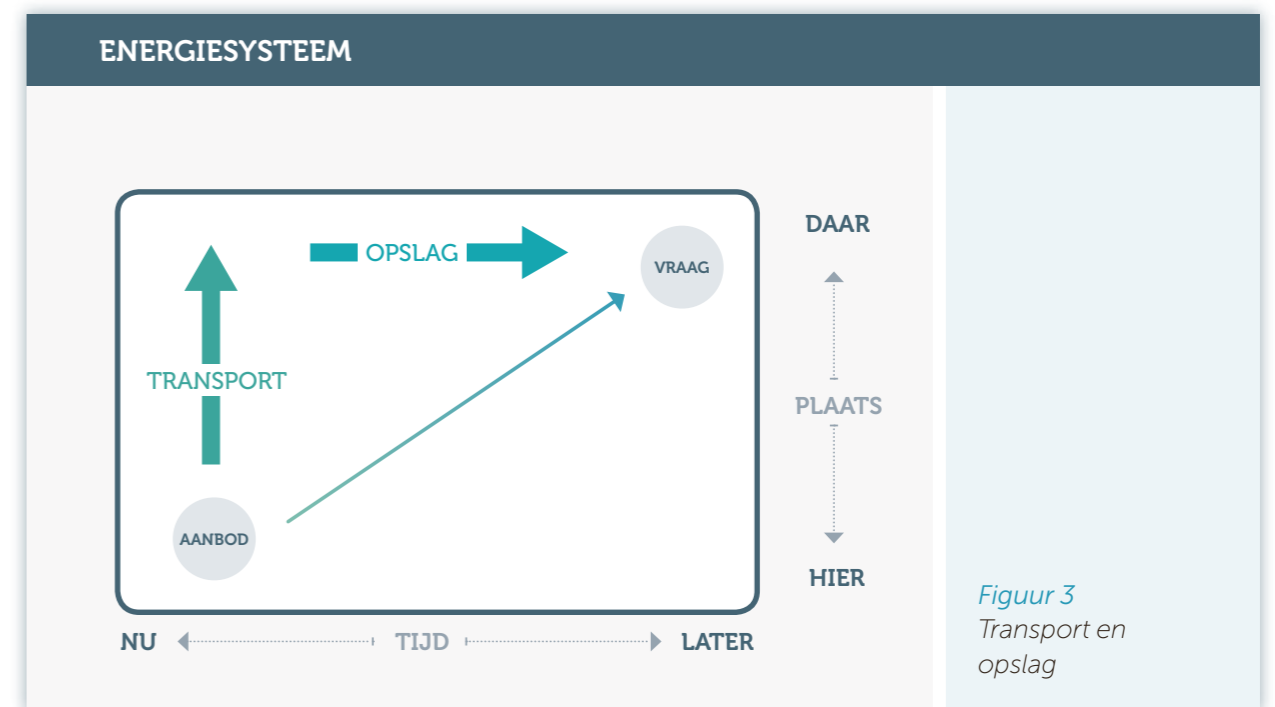
Transport is noodzakelijk om opwekker en gebruiker te verbinden. Hetzelfde geldt voor aardgas. Dat wordt gewonnen in Groningen of in het buitenland. Iemand in Brabant wil daarmee koken. Dit staat weergegeven in [Figuur 1](#).



ENERGIE EN TIJD

Als het tijdstip van aanbod en vraag niet overeenkomen, is er behoefte aan opslag van energie of extra verbruik op een bepaald tijdstip. Een voorbeeld is dat de zon overdag schijnt, maar je juist 's avonds een lamp aan wil doen. Hetzelfde geldt voor een kolencentrale. Die levert een stabiel vermogen aan elektriciteit, maar de afname van elektriciteit is overdag veel hoger dan 's nachts. Dit staat weergegeven in [Figuur 2](#).

Als je deze zaken samenvoegt in een overzicht, ontstaat [Figuur 3](#). Hierin is te zien dat het aanbod op een bepaalde tijd en plaats via transport en opslag tegemoetkomt aan de vraag op een andere plaats en andere tijd.



ENERGIE: TIJD, PLAATS EN CONVERSIE

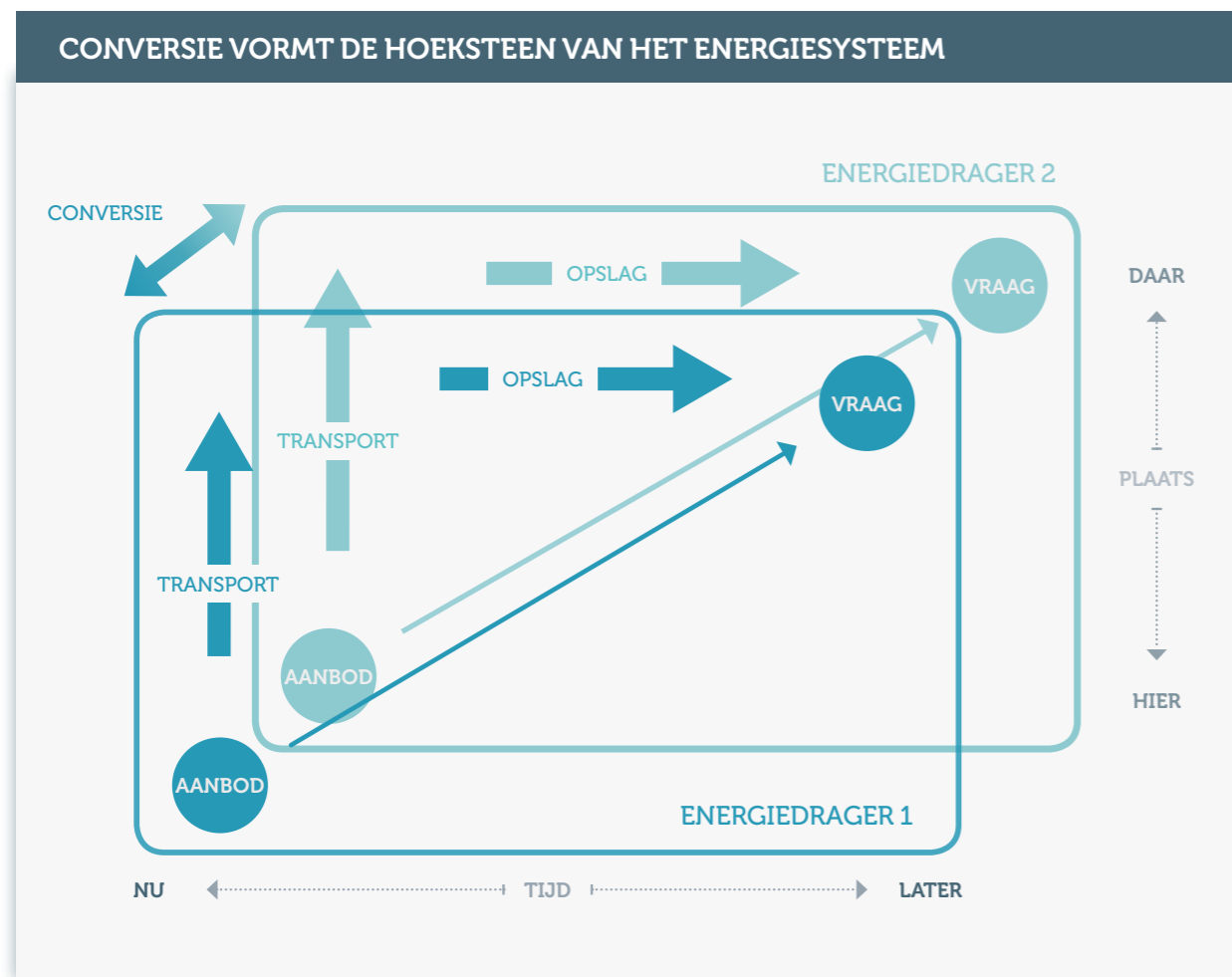
Als je je voorstelt dat het energiesysteem volledig op elektriciteit draait, dan gaat het om de opwek, het transport en de opslag van elektriciteit. Er treedt dan een interessant verschijnsel op, en dat is dat elektriciteit lastig als zodanig op te slaan is. Meestal worden omzettingen (conversies) naar andere energiesoorten gebruikt als elektriciteitsaanbod en -vraag niet matchen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan batterijen en accu's: dit is een vorm van chemische opslag.

In *Figuur 4* is in een andere kleur het energiesysteem met een andere energiedrager te zien. De systemen per energiedrager komen samen in een uitgebreider energiesysteem waar omzettingen belangrijk zijn.

Het complete energiesysteem kent meerdere energiedragers: energie in de vorm van warmte (exergie), elektriciteit en chemische potentiële energie (gassen). Die energiedragers kunnen met een bepaald conversierendement, omgezet worden in een andere vorm. Het omzetten van energie van de ene naar de andere vorm speelt een cruciale rol bij het evenwichtsvraagstuk.

Voorbeelden van omzettingen zijn:

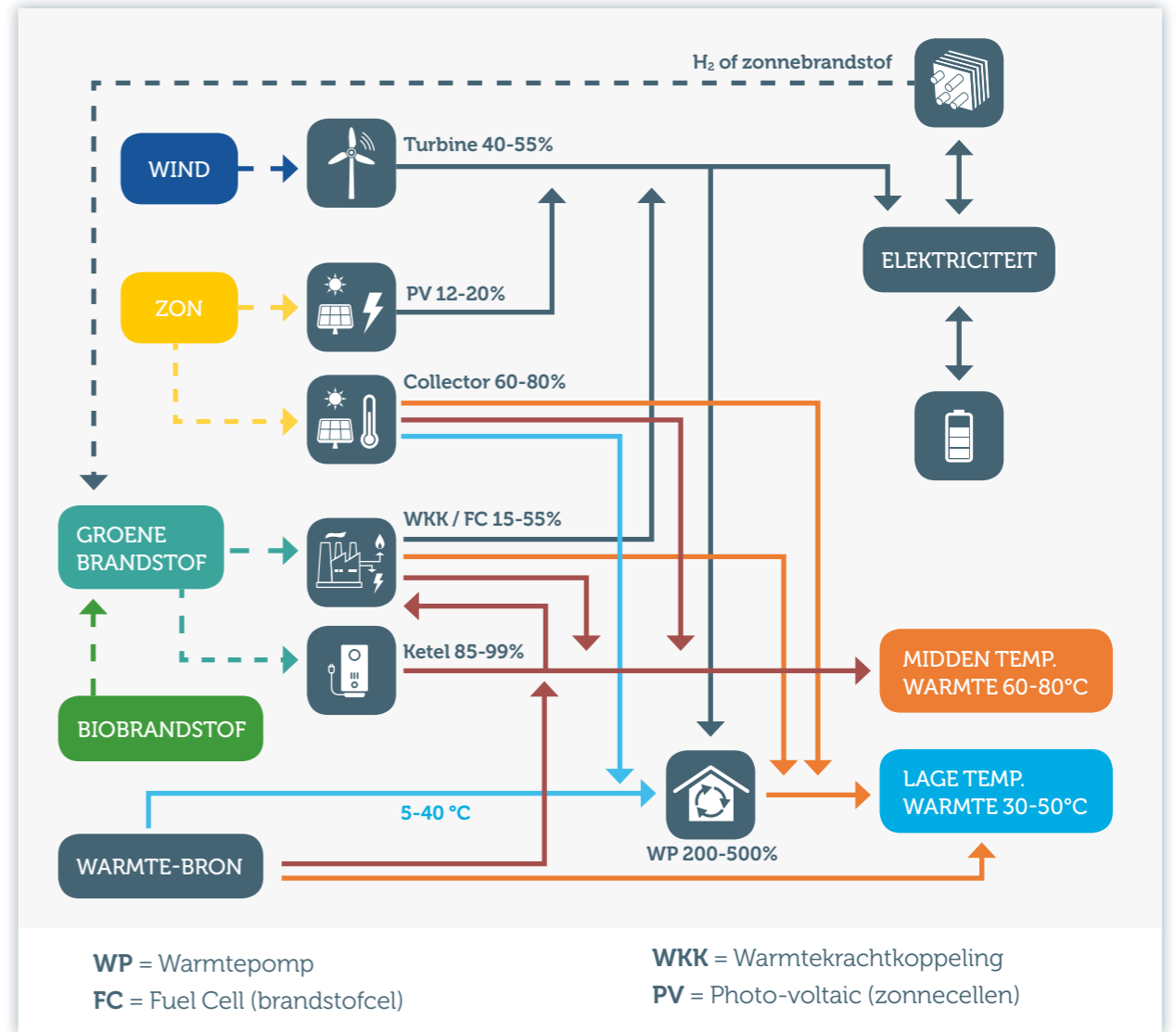
- In batterijen en accu's wordt de elektriciteit opgeslagen, maar in de batterij of accu zelf is geen elektrische energie opgeslagen. Het is een vorm van chemische opslag.



Figuur 4 Om tijds- en plaatsverschil tussen aanbod en vraag te overbruggen zijn transport, opslag en conversie noodzakelijk.

- Bij het verbranden van aardgas, waterstof en biomassa, komt chemische energie vrij in de vorm van warmte.
- Een warmtepomp gebruikt warmte van een lage temperatuur en elektriciteit om warmte te maken van een hogere temperatuur.
- Een zonnecel zet zonlicht om in elektriciteit en een windmolen doet hetzelfde met bewegingsenergie uit de wind.

In *Figuur 5* zijn de omzettingen op systeemniveau uitgewerkt. Dit plaatje maakt duidelijk dat het energiesysteem van de toekomst complexer is dan het huidige energiesysteem. We zien elektriciteit uit de wind, de zon en met WKK (warmtekrachtkoppeling) en FC (fuel cel, brandstofcel). Elektriciteit wordt gebruikt om waterstof (H₂) te maken en kan tijdelijk opgeslagen worden in een batterij. Elektriciteit dient als energiebron voor een warmtepomp (WP).



Figuur 5 Verschillende duurzame bronnen in het energiesysteem¹

¹ Deze figuur is gebaseerd op: Towards 100% renewable energy supply for urban areas and the role of smart controle, R.P. van Leeuwen (Figure 1.2, pagina 7). <https://research.utwente.nl/en/publications/towards-100-renewable-energy-supply-for-urban-areas-and-the-role->

Waterstof en biobrandstof dienen als groene brandstof.

Zonnewarmte kan met een collector geoogst worden. Ook kan warmte van een warmtebron zoals geothermie of bodemwarmte komen. Zie hiervoor [whitepaper #2: Energie: waar het vandaan komt en naartoe gaat](#). Bovendien kan warmte met een WKK, brandstofcel of ketel gemaakt worden.

De warmtepomp gebruikt elektriciteit om warmte van een lage temperatuur naar een hogere temperatuur te brengen. Het rendement is sterk afhankelijk van de temperatuurstep die gewenst / noodzakelijk is.

Het is belangrijk te beseffen dat elke transportbeweging, alle conversies en alle opslagmethoden zelf ook een energiebehoefte hebben. In [Figuur 5](#) staat bij de omzettingen een rendement: zo kan met zonnecellen (PV) 12-20% van het zonlicht worden omgezet in elektriciteit, terwijl met een collector 60-80% van de zonnewarmte kan worden geoogst.

ENERGIEBALANS IN DE TIJD²

Het opslaan van gasvormige, vloeibare en vaste stoffen is relatief eenvoudig en goedkoop. Voordeel hiervan is ook dat deze opslag geen (of zeer kleine) verliezen kent: of je een gas nu 3 dagen of 1 jaar bewaart, de kwaliteit zal daar niet sterk vanaf hangen.

In een elektriciteitsnetwerk kan daarentegen relatief weinig energie opslagen worden. Om het goed te laten werken moeten aanbod en vraag op elk moment in evenwicht zijn. Als er zonnecellen of windmolens beschikbaar zijn, dan is de opwek van elektriciteit afhankelijk van het weer. Als de zon gaat schijnen of het gaat harder waaien, dan neemt de beschikbaarheid van duurzame elektriciteit toe. Er zijn dan meerdere opties om de balans te bewaren.

- De vraag naar elektriciteit vergroten, door meer apparaten aan te zetten (vraag-sturing). Dit is het aansturen van flexibele apparaten die elektriciteit gebruiken. Deze aansturing maakt direct gebruik van de opgewekte energie mogelijk en beperkt daarom de vereiste opslagcapaciteit. Deze techniek is alleen mogelijk voor zogenaamde flexibele apparaten, d.w.z. een apparaat waarvan de werking in de tijd kan worden verschoven zonder significante gevolgen. Voorbeelden zijn: warmtepompen en elektroboilers, koeling, acculaders van elektrische voertuigen en huishoudelijke apparaten zoals wasmachines.
- Tijdelijke opslag van energie door bijvoorbeeld batterijen te laden of door de elektriciteit om te zetten in waterstof. Hiervoor zijn nodig: batterijen of elektrolyzers in combinatie met opslagcapaciteit voor het gas. Voor de omzetting van gas naar elektriciteit zijn vervolgens ook brandstofcellen nodig.
- Minder elektriciteit uit andere bronnen toelaten op het net, door bijvoorbeeld een gascentrale minder hard te laten draaien. Ook de duurzame bronnen kunnen geknepen worden.
- Elektriciteit te exporteren via het Europese elektriciteitsnetwerk dat via hoogspanningslijnen verbonden is. Hierbij wel de kanttekening dat het bestaande nationale netwerk niet voor tweerichtingsverkeer van stroom is gemaakt. In het systeem van centrale opwek met grote centrales was er namelijk maar 1 richting relevant. Het managen van evenwicht op Europese schaal is ook een deel van de oplossing.

Als het aandeel duurzame energie groter wordt, worden de fluctuaties groter en de mogelijkheden om andere bronnen af te schakelen kleiner.

² Deze paragraaf is ontleend aan van Leeuwen, R. P., de Wit, J. B., & Smit, G. J. M. (2017). Review of urban energy transition in the Netherlands and the role of smart energy management. *Energy conversion and management*, 150, 941-948

Ook is er kans op een zogenaamde 'Dunkelflaute', een Duitse term voor het verschijnsel dat het donker en windstil is.

Dan leveren zonnepanelen en windmolens geen energie. Er zijn dan mogelijkheden nodig om uit opslag, met biomassa of met fossiele bronnen toch voldoende energie beschikbaar te maken. Tijdelijk de vraag uitstellen is dan ook een mogelijkheid.

HET BELANG VAN EEN GOED ENERGIENETWERK

Voor het transporteren van energie is – afhankelijk van de soort energie – een netwerk nodig. Bijvoorbeeld een warmtenet om warmte van A naar B te brengen, een elektriciteitsnetwerk en een gasnetwerk. Zo'n netwerk heeft een bepaalde capaciteit: het is bedoeld om een maximale hoeveelheid energie per tijdeenheid te transporteren. Als de energievoorziening verandert, kan het zijn dat het bestaande netwerk niet meer voldoet. Een voorbeeld hiervan komt van netbeheerder Enexis.³

Lokale groene energieprojecten kunnen niet doorgaan doordat zij hun stroom niet kwijt kunnen. Netbeheerder Enexis moet in Groningen en Drenthe 'nee' verkopen aan boeren, bedrijven en verenigingen die zonnepanelen op hun daken willen, door een gebrek aan capaciteit op het elektriciteitsnet. Ook aansluiting van nieuwe grootschalige zonneweiden is in bepaalde gebieden niet meer mogelijk.

Er zijn dan nieuwe netwerken nodig of bestaande netwerken kunnen worden ingezet voor nieuwe toepassingen. Zo is het belangrijk te onderzoeken of het bestaande gasnetwerk geschikt is om waterstof te transporteren.⁴

Eén van de conclusies van het DNV GL rapport is overigens dat het gasnet goede mogelijkheden biedt voor transport van 100% waterstof en ook aardgaswaterstofmengsels

Andere veranderingen zijn dat elektrische auto's en warmtepompen als extra energievragers op het elektriciteitsnet worden aangesloten. De elektriciteitsvraag hiervan ligt in de pieken (veel) hoger dan de grote verbruikers in huis die we al langere tijd kennen.

Flexibele tarieven, waardoor elektriciteit op bepaalde momenten goedkoper is en op andere momenten duurder, kan helpen om het huidige netwerk zo goed mogelijk te benutten door de vraag te spreiden. Bijvoorbeeld door te zorgen dat het niet voor iedereen aantrekkelijk is om bij thuiskomst om 6 uur 's avonds meteen een elektrische auto te laden, als die pas de volgende ochtend weer gebruikt wordt. Zogenaamde Smart Grids kunnen helpen om dit soort processen aan te sturen.

³ <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/elektriciteitsnetwerk-kan-stroom-uit-lokale-groene-projecten-niet-aan~b5a9fc1b/>

⁴ Lectorale rede dr. ir. Jan-jaap Aué (Hanze Hogeschool) https://research.hanze.nl/ws/portalfiles/portal/24551976/Redeboekje_Jan_jaap_Au_.pdf

DILEMMA'S

Grote veranderingen gaan niet vanzelf en er zijn veel mogelijke oplossingen beschikbaar om te zorgen dat de energietransitie in volle vaart kan plaatsvinden. Aan meer, betere en goedkopere oplossingen wordt ook gewerkt.

Vanuit het perspectief van de het Lectorenplatform Energievoorziening in Evenwicht zijn er de volgende vijf belangrijke aandachtspunten, die iedereen nu kan meenemen in zijn of haar overwegingen rondom verduurzaming.

1. Zorg voor een onderbouwing van de bijdrage die de gekozen oplossing op systeemniveau kan leveren.
2. Kijk of er lokaal mogelijkheden zijn om te voorkomen dat je heel veel energie van elders moet halen, misschien wel zoveel dat het netwerk verzwaaard moet worden. Neem eventuele extra kosten daarvan mee in de afweging.
3. Bovenstaande geldt niet alleen voor huizen en wijken, maar ook voor bedrijven, bedrijventerreinen en windparken en zonneweides.
4. Neem financiële, juridische en bestuurlijke aspecten mee in elke afweging.
5. Ga op zoek naar betrouwbare informatie en benader experts als deze informatie niet voldoende beschikbaar is.

In de onderzoeksagenda van LEVE⁵ staan de vijf onderzoeksdoelen van het lectorenplatform beschreven, die bijdragen aan bovenstaande aandachtspunten. Er zijn veel mogelijkheden om kosteneffectief en gedegen te verduurzamen. Goede informatie helpt om te kiezen voor een aanpak die lokaal werkt en ook in het gehele energiesysteem effectief is.

CONCLUSIE

Duurzame energiebronnen zoals windenergie en zonne-energie wekken niet 'op commando' een bepaalde hoeveelheid energie op, wat elektriciteitscentrales wel doen. Ook via een gasnet kan het aanbod een wisselde vraag volgen. Als er meer duurzame bronnen komen en de vraag naar elektriciteit op specifieke momenten toeneemt, moet goed worden gekeken naar de gevolgen voor de balans en voor de capaciteit van het elektriciteitsnetwerk.

Opslag, transport en conversie van energie is noodzakelijk om het evenwicht tussen vraag en aanbod ook in de toekomst te behouden. Een duurzaam energiesysteem zal hierdoor ook een complex systeem zijn.

Om tot goede deelontwerpen van het energiesysteem te komen is het belangrijk de invloed van dit deel op het grote geheel mee te nemen in de overwegingen.

⁵ Onderzoeksagenda LEVE – 2019:
<https://specials.han.nl/sites/seece/actueel/documenten/LEVE-Onderzoeksagenda-2019.pdf>

OVER LEVE

Dit whitepaper is ontwikkeld door LEVE: Lectorenplatform Energievoorziening in Evenwicht. Dit is een samenwerking tussen lectoren van 7 hogescholen: AVANS Hogeschool, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN), Hanzehogeschool, Hogeschool Zeeland, Hogeschool Rotterdam, Hogeschool Saxion en Hogeschool Windesheim.

Het lectorenplatform LEVE wordt ondersteund door het Sustainable Electrical Energy Center of Expertise (SEECE), Centre of Expertise Energy (EnTranCe) en de Topsector Energie (TKI Wind op Zee, TKI Nieuw Gas, Human Capital Agenda en Systeemintegratie).

Hoofdauteur: Jeike Wallinga (Windesheim).
In samenwerking met: Jan-jaap Aué (Hanze), Richard van Leeuwen (Saxion), Christoph Maria Ravesloot (Rotterdam), Jacob van Berkel (Zeeland), Jack Doomernik (AVANS) en Aart-Jan de Graaf (HAN).

LEVE bevordert draagvlak en onderscheidend vermogen met betrekking tot het evenwicht tussen alle energiestromen richting 2030. Dit doen we regio-overstijgend door met gebiedsgericht praktijkonderzoek te komen tot betrouwbare modellen, data en informatie en deze resultaten kenbaar te maken.

De visie van LEVE is om richting 2030 een robuust en gedragen energiesysteem in evenwicht te behouden. Wij geloven dat we dit resultaat alleen door integrale samenwerking van kennisinstellingen, bedrijven, burgers en overheden kunnen behalen. Als verenigde lectoraten binnen LEVE verbinden wij stakeholders aan dit proces.

Meer informatie vindt u op de website van LEVE: www.lectorenplatformleve.nl. Hier vindt u ook de onderzoeksagenda waarin de programma's en thema's van LEVE staan beschreven. Ook kunt u zich aanmelden voor de nieuwsbrief van LEVE. U krijgt dan bericht als er nieuwe whitepapers beschikbaar zijn. U kunt contact opnemen via lectorenplatform.leve@org.hanze.nl

WHITEPAPERS IN DEZE SERIE

Met deze serie whitepapers informeert LEVE beleidsmakers, beslissers en anderen met interesse in energietransitie over onderwerpen die van belang zijn voor het energiesysteem van de toekomst.

- **WHITEPAPER #1** **ENERGIE PER JAAR EN PER PERSOON**
- **WHITEPAPER #2** **ENERGIE: WAAR HET VANDAAN KOMT EN NAARTOE GAAT**
- *WHITEPAPER #3* *ENERGIE IN BALANS*
- **WHITEPAPER #4** **WARMTE – NET WAT JE NODIG HEBT**
- **WHITEPAPER #5** **ALL-ELECTRIC: ELEKTRICITEIT OPWEKKEN, GEBRUIKEN EN TRANSPORTEREN**
- **WHITEPAPER #6** **VAN AARDGAS NAAR DUURZAAM GAS**