



# Stroomversnelling

Een verkenning naar onderbelichte oplossingen voor het beter benutten van het elektriciteitsnet

RIJKSDIENST VOOR ONDERNEMEND NEDERLAND, TOPSECTOR ENERGIE SYSTEEMINTEGRATIE, TOPSECTOR ENERGIE DIGITALISERING

21 AUGUSTUS 2023



*Dit rapport is opgesteld door Stantec in opdracht van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland en Topsector Energie. Aan de inhoud van dit document kunnen geen rechten worden ontleend. De beschikbare informatie is met de grootst mogelijke zorg samengesteld en wordt verondersteld betrouwbaar te zijn. Stantec is, evenals betrokken organisaties, niet aansprakelijk voor eventueel geleden schade door onjuistheden, onvolledigheden en eventuele gevolgen van handelen op grond van informatie uit dit document. Het is niet toegestaan de inhoud en/of vorm van deze rapportages aan te passen*

---

# Inhoud

<b><u>MANAGEMENTSAMENVATTING</u></b>	3
<b><u>INLEIDING</u></b>	4
<b><u>OPLOSSINGEN</u></b>	5
<b><u>REFLECTIE EN VERVOLG</u></b>	31
<b><u>METHODOLOGIE</u></b>	32
<b><u>BIJLAGEN</u></b>	34

# Management-samenvatting

Een verkenning naar onderbelichte oplossingen voor het beter benutten van het elektriciteitsnet.

Om de klimaatdoelen voor 2030 en 2050 te halen zal het energiesysteem sneller verduurzaamd moeten worden. Er zal veel veranderen in de opwek, het transport en het verbruik van energie. Bovendien zorgt de toenemende elektrificatie in onze maatschappij voor veel hogere (piek)belasting van het elektriciteitsnet. Dit rapport richt zich op het beter benutten van bestaande of aan te leggen capaciteit van het elektriciteitsnetwerk, om de energietransitie in een stroomversnelling te brengen. Stantec heeft de opdracht gekregen om dit te onderzoeken voor Topsector Energie programma Systeemintegratie en programma Digitalisering.

Het doel is om een overzicht te krijgen van nieuwe, onderbelichte ideeën die de capaciteit van het elektriciteitsnet beter kunnen helpen benutten. Het is nadrukkelijk niet alleen beperkt tot technische innovaties, maar kijkt ook naar het wegnemen van sociale, juridische en institutionele obstakels.

Op basis van bureaustudie, interviews met betrokkenen in de sector en een workshop zijn meer dan honderd oplossingen geïdentificeerd. Daarvan zijn er twaalf geselecteerd die in dit rapport worden gepresenteerd.

Lijst van oplossingen:

- Congestiecommunicatie
- Woongebieden lokaal balanceren
- Faseonbalans verminderen
- Autonoom decentraal ingrijpen op het laagspanningsnet
- Dynamische capaciteitsplanning en -handel
- Flexibiliteit faciliteren bij bedrijven(-terreinen)
- Toepassen gelijkspanning
- Benutten andere elektriciteitsinfrastructuur
- Locatiesturing duurzame opwek en opslag
- Off-grid elektriciteitstransport
- Zwermoptimalisatie in elektrisch laden
- Alternatieve storingsreserve

Dit rapport presenteert een verkennend onderzoek naar alternatieve oplossingen voor effectiever gebruik van het elektriciteitsnet. Het kijkt daarbij naar het hele systeem, niet alleen de netbeheerders of technische innovaties. Hoewel er geen definitieve oplossingen zijn gevonden, levert de studie waardevolle concepten op technisch, sociaal, juridisch en institutioneel vlak.

Verdere verdieping is nodig om de impact en haalbaarheid van deze concepten te begrijpen. Actieve ondersteuning, bijvoorbeeld via landelijke programma's, specifieke onderzoeksprojecten of creatieve initiatieven zoals hackathons en prijsvragen, wordt aangemoedigd, vooral voor de concrete concepten. De oprichting van een groep 'dwarsdenkers' wordt geadviseerd om het vrije denken en innovatie te bevorderen. Het rapport hoopt verder debat en samenwerking aan te moedigen in het streven naar een betere benutting van het elektriciteitsnet.

## OPGESTELD DOOR

Dit rapport is opgesteld door Stantec in opdracht van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland en Topsector Energie.

Betrokken projectleden zijn:

[Hanna van Sambeek](#)

[Laurens van Buuren](#)

[Sjoerd Kraaijenhof](#)

[Jeremy Slingerland](#)

[Rick Stegeman](#)

[Per van Wolfswinkel](#)

## CONTACT

Voor meer informatie en reacties kunt u contact opnemen met:

[Claire Groosman](#) – Topsector Energie programma Digitalisering  
[Michel Emde](#) – Topsector Energie Systeemintegratie  
[André de Boer](#) – Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

# Inleiding

De energietransitie in Nederland is in volle gang. De afgelopen jaren vindt een versnelling plaats in decentrale opwek en elektrificatie van de energievoorziening. Dat is een fantastische ontwikkeling, maar zorgt ook voor problemen, met name in de capaciteit van het elektriciteitsnet.

De netbeheerders bouwen en beheren de fysieke netinfrastructuur en faciliteren het functioneren van de markt. Zorg dragen voor betrouwbaarheid en veiligheid is daarbij een belangrijk uitgangspunt. De uitvoering hiervan komt onder steeds grotere druk te staan. Er wordt hard gewerkt aan slimme oplossingen en versneld bijbouwen vanuit bijvoorbeeld het Landelijk Actieprogramma Netcongestie. Daarnaast is het versnellen en opschalen van zinvolle toekomstige oplossingen van groot belang, ook buiten het primaire taakgebied van de netbeheerders.

De Topsector Energie Systeemintegratie, Topsector Energie Digitalisering en de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland zoeken daarom naar innovaties om de benuttingsgraad van het net te vergroten. Dit rapport is het resultaat van een

verkenning naar dergelijke innovaties, met een focus op oplossingen die tot op heden onderbelicht zijn. Het onderzoek is daarmee, in de vaart vooruit, ook een blik achterom, om te verifiëren dat we geen zaken over het hoofd zien of te snel hebben afgeserveerd.

In het onderzoek hanteerden we een brede scope en hebben we buiten bestaande kaders gekeken. Technische vernieuwingen zijn onderzocht, maar ook institutionele, juridische en sociale innovaties, zoals veranderingen in regelgeving, werkwijzen, attitudes en perceptie. Er is ook verder gekeken dan de fysieke infrastructuur, bijvoorbeeld door de rollen van verschillende stakeholders tegen het licht te houden. Oplossingen die via tariefinstrumenten of marktgebaseerde re-dispatch energieflexibiliteit in het elektriciteits-netwerk bevorderen, zijn buiten de scope van dit onderzoek gehouden aangezien dat al voldoende aandacht heeft onder stakeholders.

Op basis van bureaustudie, interviews met betrokkenen in de sector en een workshop zijn meer dan honderd oplossingen geïdentificeerd. Daaruit zijn er twaalf geselecteerd die in dit rapport worden gepresenteerd.

Na de beschrijving van de oplossingen, volgt een reflectie en suggestie voor vervolgstappen. Het inventarisatieproces en de selectiewijze zijn in detail beschreven in hoofdstuk Methodologie.

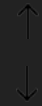
Hoewel deze oplossingen veelbelovend lijken en initiële toetsing hebben doorstaan, moeten we ons bewust zijn dat vanwege de complexiteit en de dynamische aard van het elektriciteitsnet en de bredere energiesector er geen *silver bullets* bestaan. Elke oplossing draagt bij, maar geen enkele oplossing zal alles ondervangen.

Deze studie is nadrukkelijk een verkenning. De oplossingen zijn op hoofdlijnen uitgewerkt en variëren in hun abstractie en mate van detail, met als doel dat de gepresenteerde oplossingen inspireren en verdere analyse, discussie en ontwikkeling stimuleren.

We nodigen alle betrokkenen bij de energietransitie uit om op deze concepten voort te borduren. En we moedigen aan om dat te doen in gezamenlijkheid, in dialoog met elkaar en vanuit wederzijds belang. We kijken uit naar de verdere discussie en ontwikkeling, om samen het elektriciteitsnet optimaal te benutten.



# Oplossingen



# Oplossingen

Dit is een samenvatting van de twaalf oplossingen die in dit rapport worden besproken. Vijf van deze oplossingen zijn tot stand gekomen tijdens een workshop waarin experts zijn uitgedaagd om concepten van andere sectoren te combineren en toe te passen op de elektriciteitsinfrastructuur. Deze zijn gemarkeerd met een asterisk.

Op de volgende pagina's zijn voor iedere oplossing de kernprincipes, benodigde verandering in het huidige systeem en stappen voor mogelijke implementatie beschreven. Deskundigen uit de sector hebben input en reflectie gegeven op de uitwerking. De belangrijkste punten daarvan zijn expliciet opgenomen. Een toelichting op de selectie en totstandkoming van de oplossingen en vermelding van de betrokken experts is opgenomen in hoofdstuk Methodologie.

## **Congestiecommunicatie \***

Gerichte communicatie om bewustwording en gedragsverandering te stimuleren is vrij eenvoudig omdat er geen systeem-ingrepen nodig zijn.

## **Faseonbalans verminderen**

Betere fasespreiding benut het laagspanningsnet beter, met stimulans van drie-faseapparaten, technische oplossingen en procesveranderingen.

## **Woongebieden lokaal balanceren \***

Dit kan worden bereikt door verhoogde lokale organisatiegraad, het gebruik van technische oplossingen en het beprijzen van transport.

## **Autonoom decentraal ingrijpen**

Door decentraal en autonoom verbruik of opwek te dempen wordt tijdelijke overbelasting in het laagspanningsnet voorkomen.

## **Dynamische capaciteitsplanning en -handel \***

Met expliciet plannen en verhandelen van capaciteit wordt dynamische vraag en aanbod mogelijk voor transportschaarste.

## **Flexibiliteit faciliteren bij bedrijven(terreinen) \***

Flexibiliteit bevorderen door samenwerking tussen bedrijven, netbeheerders en overheid, met een focus op collectieve transportcapaciteit.

## **Toepassen gelijkspanning**

De doorvoercapaciteit kan vergroot worden door bestaande of nieuwe (hogere) netdelen uit te voeren in gelijkspanning.

## **Benutten andere elektriciteitsinfrastructuur**

Het reguliere net ontzien door gebruik van andere, bestaande elektriciteits-infrastructuur – zoals voor straatverlichting en openbaar vervoer.

## **Locatiesturing duurzame opwek en opslag**

Locatiesturing door netbeheerder en lokale overheden, op basis van netcapaciteit, lokale elektriciteitsvraag en maatschappelijke belangen.

## **Off-grid elektriciteitstransport**

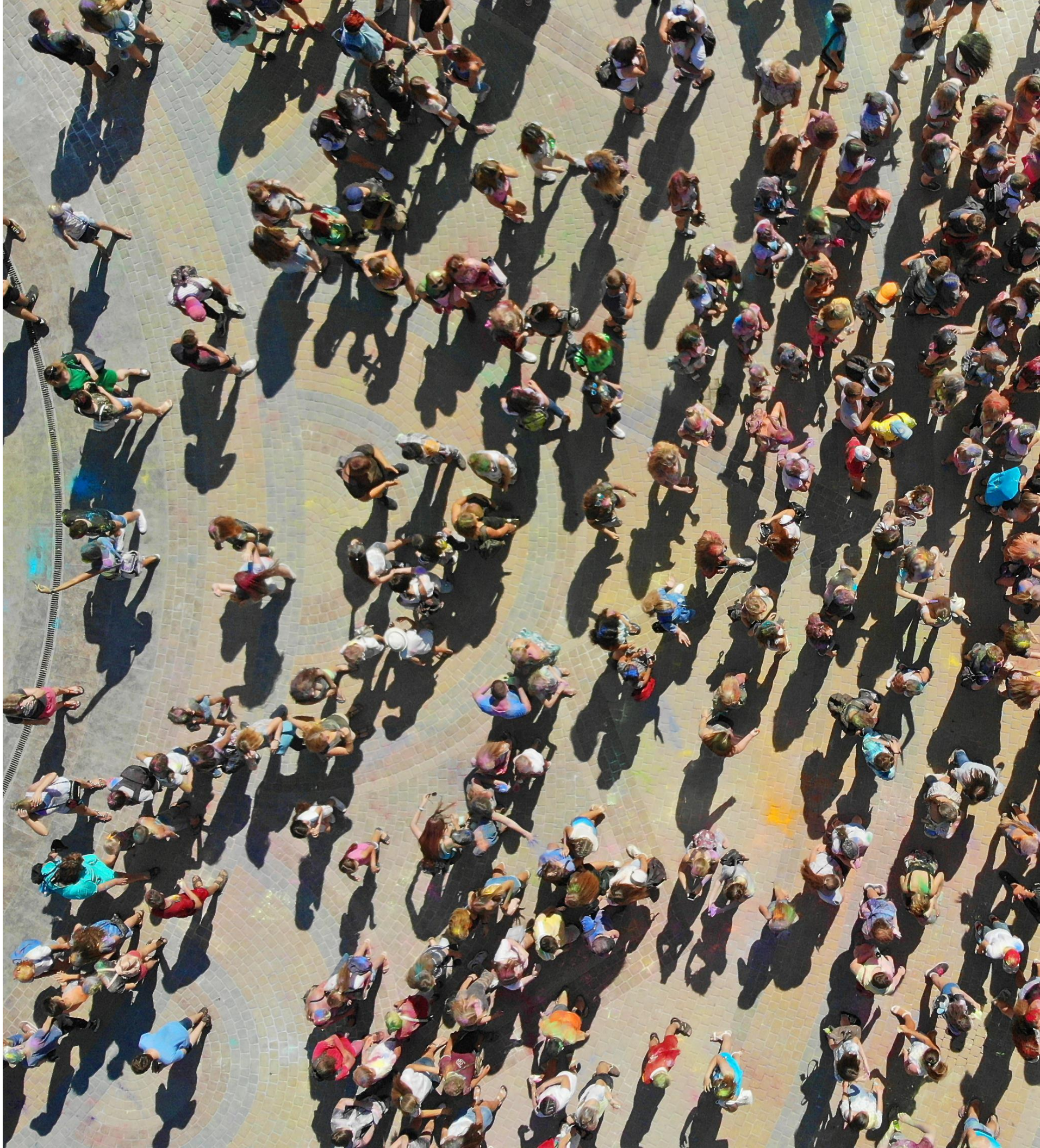
Mobiele, grootschalige opslag kan elektriciteit verplaatsen tussen netdelen waar uitwisseling door netcongestie onmogelijk is.

## **Zwermoptimalisatie in elektrisch laden \***

EV's (ont-)laden, gestuurd door slimme algoritmen of AI. Het weegt daarbij individuele belangen tegen het collectieve belang van de 'zwerm'.

## **Alternatieve storingsreserve MS**

Alternatieve storingsreserve realiseren door vraagsturing en invoeding. Hierdoor wordt hoger gebruik van de redundantiecapaciteit mogelijk.



# Congestiecommunicatie

Met gerichte communicatie bewustwording en gedragsverandering stimuleren.

Veel mensen en bedrijven zijn nog niet bekend met de overbelasting van het elektriciteitsnet en weten niet hoe ze kunnen helpen bij het oplossen of voorkomen ervan. Met gerichte communicatie of prikkels kan bewustwording en gedragsverandering worden bewerkstelligd. Het net kan beter benut worden als de belasting omlaag gaat als er overbelasting dreigt en de belasting omhoog gaat als er ruimte is. Van de vele mogelijke toepassingen noemen we er drie.

## *Flex alert*

Dit is een bericht aan aangeslotenen, gericht op tijdelijke vermindering van de elektriciteitsvraag. Dit wordt in diverse landen toegepast, bijvoorbeeld in de VS tijdens hittegolven waarbij er een piek is in elektriciteitsverbruik voor koeling<sup>1</sup>. Het werkt met name goed om consumenten bekend te maken met uitval van

het net. Door vrijwillig hun consumptie te verlagen, helpen ze dat te verminderen. Vergelijkbare oplossingen worden toegepast in het Verenigd Koninkrijk - *Triad Alerts*<sup>2</sup> en Australië - *Powercon powersmart*.<sup>3</sup>

## *Gamification*

Serious gaming is een beproefde methode om mensen spelenderwijs te informeren of gedrag te beïnvloeden. Dat kan ook helpen met bewustwording over- en bijdragen aan optimaal gebruik van het elektriciteitsnet.

## *Congestiebericht*

Net als met weerberichten en file-informatie kunnen aangeslotenen met informatie over lokale netbelasting bewogen worden om hun energieverbruik aan te passen. Hier is wel actuele netinformatie nodig, bijvoorbeeld van onderstations en transformatoren.

**IMPACT**

Bedrijven en consumenten in Nederland zijn gewend aan een zeer hoge leveringszekerheid van elektriciteit. Door overbelasting op het net is dat niet meer het geval. Nieuwe aansluitingen of verzwaringen kunnen niet altijd binnen een redelijke termijn worden voltooid. Ook bestaande aansluiting ervaren steeds vaker een overbelast net vanwege spanningsproblemen of storingen.

Congestiecommunicatie zorgt voor brede bewustwording over de schaarste op het net en dat we ieders hulp nodig hebben om het op te lossen. Het draagt bovendien bij aan de algemene bewustwording over wat de energietransitie voor bedrijven en consumenten betekent en welke aanpassingen het vraagt.

Er zijn voor deze oplossing geen systeem-ingrepen nodig om effect te bereiken. Inzetten op bewustwording en gedragsverandering is daarmee relatief laagdrempelig.

Hoewel technologieën zoals slimme apparaten en HEMS (Home Energy Management System) potentieel hebben om vraagsturing te automatiseren, zijn deze nog in ontwikkeling en kan niet iedereen dat betalen. Handmatige vraagsturing kan daarom een grote impact hebben. Bovendien kan bewustwording helpen

bij het invoeren en accepteren van geautomatiseerde vraagsturing.

**STAKEHOLDERS**

Voor de ontwikkelen van apps en andere communicatiemiddelen om de berichten te verspreiden is de inzet van technologiebedrijven en netbeheerders nodig. Ook is een effectieve samenwerking tussen energieleveranciers, netbeheerders, technologieaanbieders en consumentenorganisaties belangrijk.

Het LAN, Landelijk Actieprogramma Netcongestie, communiceert al over congestie op hoog- en middenspanningsniveau. Vanuit EZK is er ook de ambitie om een speciale coördinator Flexibiliteit aan te wijzen voor communicatie met bedrijven. Op laagspanningsniveau gebeurt nu minder rondom congestie, maar de verwachting is dat het binnenkort noodzakelijk zal worden.

**RANDVOORWAARDEN**

Een aandachtspunt is dat vraagsturing gericht op (lokale) netcapaciteit in sommige gevallen kan botsen met prijsprikkels van dynamische energieprijzen en zo een voor consumenten tegenstrijdige boodschap kan geven.

Er zijn implementaties denkbaar die werken op basis van prognoses, zoals het flex alert.

Implementaties zoals congestieberichten vereisen digitalisering in de vorm van slimme meters, sensoren en communicatiesystemen om real-time gegevens te verzamelen en te verspreiden. Met zulke gedetailleerdere informatie kan gericht gecommuniceerd worden.

**IMPLEMENTATIE**

De juiste boodschap, samen met praktische voorbeelden en ondersteunende middelen, zoals apps, zijn essentieel. Het gaat in het kader van netcongestie ook niet zozeer om het verminderen van gebruik, maar eerder om het verleggen van piekbelasting. Zo kan het op bepaalde momenten juist belangrijk zijn om meer te gebruiken, zoals bijvoorbeeld het laden van de auto wanneer de zon schijnt.

Financiële prikkels kunnen helpen, maar zijn niet direct nodig. Ook sociale prikkels zijn effectief in de vorm van competitie, gezamenlijkheid (het oppakken met de buurt) of normstelling (zoals overheidscommunicatie over roken, alcohol en omgangsvormen). Het past dan in het verlengde van de campagne 'Zet ook de knop om' voor energiebesparing.

**REFLECTIE EXPERTS**

- Er zijn geen systeemingenrepen nodig om effect te bereiken. De oplossing heeft potentieel een goede kosten/baten verhouding.
- Het zorgt voor meer bewustzijn in de maatschappij over de energietransitie, niet alleen ten aanzien van netcapaciteit.





# Woongebieden lokaal balanceren

Lokaal, decentraal balanceren van de elektriciteitsbehoefte en -opwek van een woongebied.

Het zoveel mogelijk lokaal en decentraal oplossen van overbelasting door productie en afname kan verzwaring van het net, inclusief graafwerk en het plaatsen van grotere of extra transformatoren, uitstellen of zelfs vermijden. Om lokaal te balanceren is een combinatie van verhoogde lokale organisatiegraad, inzet van technische oplossingen in opwek, -opslag en -verbruik van elektriciteit en het beprijzen van het transport nodig. De technische oplossingen zijn volop in de ontwikkeling, maar worden in deze beschrijving niet nader toegelicht, omdat de veranderingen op juridisch-, sociaal- en organisatorisch belangrijker zijn voor adoptie.

## **IMPACT**

Minder gebruik van transportcapaciteit op het midden- en hoogspanningsnet vermindert congestie en biedt ruimte aan andere

aangeslotenen. Doordat er minder elektriciteit over (grote) afstanden getransporteerd hoeft te worden, zijn ook de technische netverliezen minder. Dit draagt bij aan efficiëntere benutting van de opgewekte elektriciteit.

Een manier om efficiënter gebruik van het net te stimuleren is energiecoöperaties en energiegemeenschappen die lokaal balanceren te belonen voor hun bijdrage aan het ontlasten van het net. Dat kan bijvoorbeeld met een aanpassing van de aansluitkosten. De financiële voordelen van het optimaliseren van productie, opslag en verbruik, evenals het gevoel van duurzaamheid, motiveren deelname ook.

## **STAKEHOLDERS**

Op de eerste plaats moeten Europese- en nationale wet- en regelgeving ruimte geven

aan het concept, bijvoorbeeld door onderling en lokaal uitwisselen van elektriciteit toe te staan (energie delen). Er is ook een nieuw prijsmodel nodig voor het belonen van de energie-gemeenschap in het ontlasten van het net.

Lokaal balanceren is ook belangrijk voor andere afnemers. Deze oplossing richt zich vooral op particulieren en woongebieden, terwijl oplossingen voor bedrijven(-terreinen) later in het rapport worden besproken.

Door betere samenwerking en organisatie tussen gebruikers (prosumenten) in een buurt of wijk kan lokaal gebalanceerd worden. Decentralisatie van het energiesysteem bevordert bewustwording en individuele gedragsaanpassing. Betrokkenheid van bewoners bij hun energiesysteem helpt de acceptatie van decentrale opwekking en vermindert mogelijk NIMBY-weerstand. Ook een directe verbinding met grootschalige opwek elders, bijvoorbeeld windenergie, kan zorgen voor meer begrip tussen stad en platteland.

### **RANDVOORWAARDEN**

Actieve stimulering en ondersteuning zijn essentieel voor het bevorderen van initiatieven. Een financieel vangnet, zoals subsidies of financieringsconstructies vanuit de overheid, is nodig om mislukkingen en fouten bij experimenten te kunnen opvangen. Bovendien

kunnen kwartiermakers en projectleiders vanuit de netbeheerder of overheid zorgen voor de benodigde kennis en expertise.

Een voorwaarde voor succesvolle implementatie is dat verbruiks- en netwerkdata veilig gedeeld kunnen worden en ingezet mogen worden voor optimalisatie van vraagsturing en de inzet van opwek en opslag.

Hoewel lokaal balanceren steeds meer aandacht krijgt, moet ervoor gewaakt worden dat zelfvoorzienendheid geen doel op zich wordt. Grootschalige centrale opwek van zonne- en windenergie is waardevol voor het toekomstige elektriciteitssysteem, en lokaal gebruik is een manier om bijkomende netcongestie op te lossen.

### **IMPLEMENTATIE**

Dit concept bevordert sociale cohesie in wijken en stimuleert initiatieven zoals collectieve energiebesparing en verbetering van publieke ruimtes en welzijn. Tegelijkertijd moet erkend worden dat collectiviteit en samenwerking niet altijd eenvoudig zijn en dat het concept zowel positieve als negatieve sociale effecten kan hebben. Het is belangrijk om dit aspect te integreren in beleid en stimulering van de oplossing. Ruimtelijke en sociaaleconomische aspecten kunnen samenwerking bemoeilijken en mogelijk leiden tot energie-ongelijkheid;

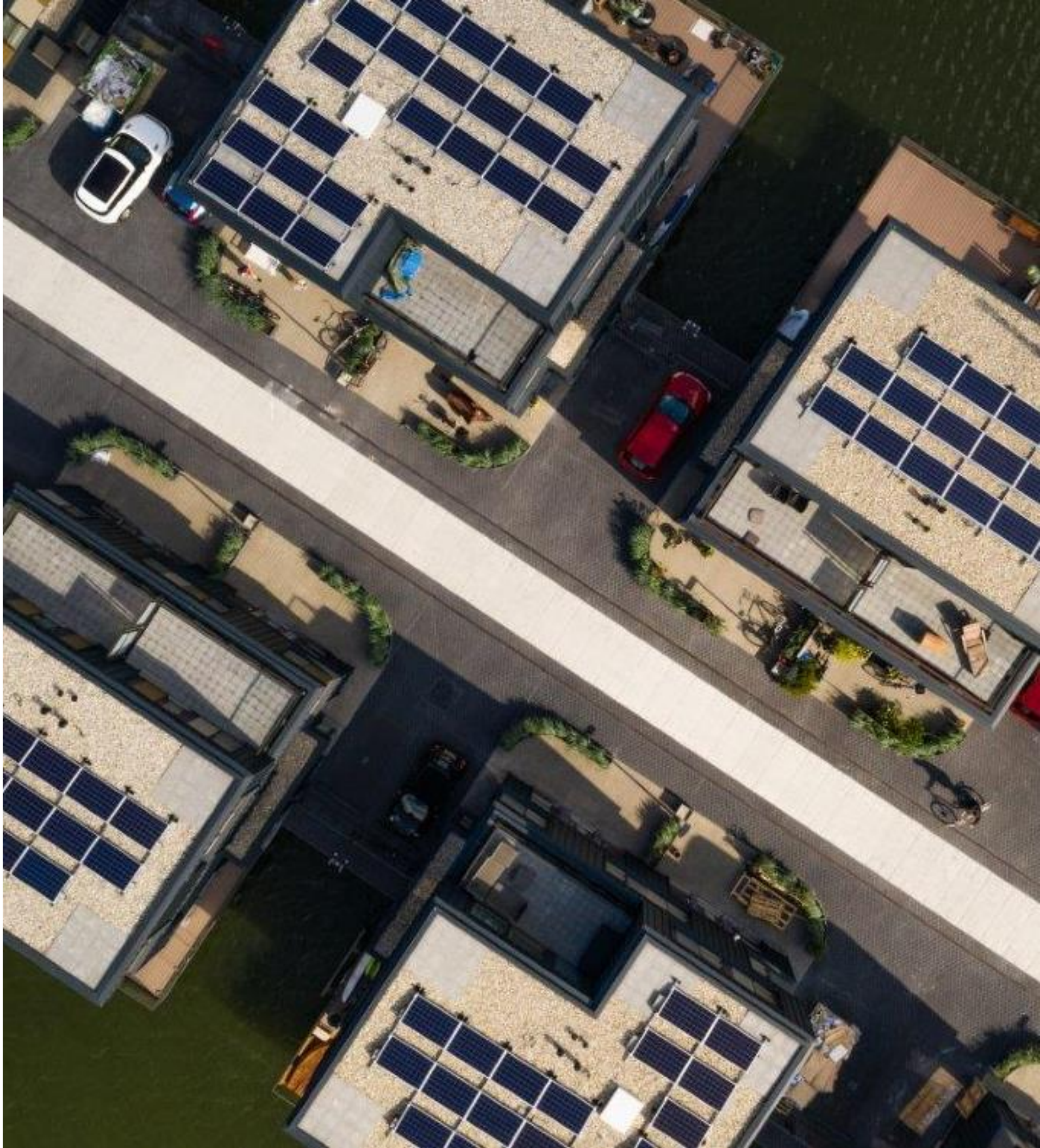
bijvoorbeeld doordat buitengebieden meer mogelijkheden hebben voor energieopwekking en opslag, terwijl economisch zwakke wijken minder kapitaal hebben voor investeringen.

Hier volgt een niet-uitputtende lijst van pilots, technologieën en concepten van mogelijke invullingen en bouwstenen voor lokaal balanceren. Enkele hiervan worden ook toegelicht in de long-list in de bijlage:

- Inzet van energy managementsystemen op huis- en buurniveau.<sup>1</sup>
- Noodzakelijke data uitwisselen via technologie die de veiligheid en anonimiteit waarborgen.
- Verhogen van het collectief energiebewustzijn, o.a. door platforms (zie ook oplossing Congestiecommunicatie).
- Digitale tokens voor energie-uitwisseling.<sup>2</sup>
- Duurzame opwek realiseren met energiecoöperaties.
- Informatie-uitwisseling met- en van de netbeheerders over daadwerkelijke capaciteitsgebruik en ruimte op het net.
- Crowd balancing platforms.<sup>3</sup>
- Optimalisatie van verbruik, opslag en teruglevering van lokaal opgewekte elektriciteit door lokale toepassing van game theory.<sup>4</sup>
- Pilots: Project Sustenance H2020 en Project SERENE H2020.<sup>5,6</sup>

### **REFLECTIE EXPERTS**

- Zelfvoorziening is geen doel, maar het beperken van overbelasting door lokale oplossingen is wel essentieel.
- Lokaal balanceren heeft bijkomende sociale effecten.
- Initiatieven moeten worden gestimuleerd en ondersteund; ze komen niet vanzelf tot stand.
- Belonen van gewenst gedrag werkt beter dan bestraffen van ongewenst gedrag.
- Het laagspanningsnet is een beetje een blinde vlek voor beleidsmedewerkers.



## Faseonbalans verminderen

Door betere spreiding van het gebruik van de drie fasen wordt het laagspanningsnet beter benut.

Op het laagspanningsnet is overbelasting op een specifieke fase door faseonbalans een groeiend probleem. In het laagspanningsnet wordt gebruik gemaakt van wisselspanning met drie fasen. Als één fase een significant hogere belasting heeft dan de andere fasen spreken we over faseonbalans, of met een ander woord spanningsasymmetrie<sup>1</sup>. Het wordt veroorzaakt door een onevenwichtige verdeling van één-fase aansluitingen op een kabel, of door drie-fase aansluitingen met een ongelijke belastings-verdeling over de drie fasen. De ongelijke belasting kan optreden door afname, maar ook bij invoeding van decentrale opwek zoals zonnepanelen. Huisbezitters met zonnepanelen hebben steeds vaker last van omvormers die uitschakelen omdat de kabel/fase overbelast is. Er zijn situaties waar dat verholpen werd door de fase van de omvormer te veranderen.

Door betere spreiding van het gebruik van de drie fasen kan het laagspanningsnet beter benut worden. Dit kan bereikt worden met:

- Het stimuleren of verplichten van gebruik drie-faseapparaten (o.a. omvormers en laadpalen)
- Technische oplossingen die wisselen van de gebruikte fase(n)
- Monitoren en sturen op beter spreiding over de drie fasen.

Onderzoek in het Verenigd Koninkrijk geeft een indicatie van het probleem: meer dan de helft van de onderzochte laagspanningsstations hadden een faseonbalans, waarbij het verschil tussen de meest gebruikte en minst gebruikte fase meer dan 50% was<sup>2</sup>. De belastbaarheid van het laagspanningsnet kan met tientallen procent toenemen als gevolg van een verbeterde belastingspreiding.

**IMPACT**

Hoewel netbeheerders beleid hebben, gericht op het gelijk verdelen van aansluitingen over de drie fasen, is er in de praktijk toch onbalans. Aanscherping van beleid of aanvullende maatregelen kan bijdragen aan een betere spreiding. Voor één-fase aansluitingen is het belangrijk dat de aansluitingen goed verdeeld worden over de fasen. Voor drie-fasen aansluitingen is het belangrijk om de belasting van de installatie achter de aansluiting goed te spreiden, zeker voor opwek.<sup>3</sup>

De netbeheerder zou ook een meer sturende rol kunnen nemen bij het realiseren van aansluitingen door datagestuurd te kijken naar de meest geschikte fase. Een mogelijk alternatief kan zijn om te schakelen in de slimme meter. Netbeheerders kunnen daarmee controle nemen over de fasebalans door zelf actief te schakelen, zonder afhankelijk te zijn van de medewerking van gebruikers. Zowel de technische als juridische mogelijkheden hiervoor zouden verder onderzocht moeten worden.

**STAKEHOLDERS**

Een goede spreiding van de fasen is belangrijk voor zowel de netbeheerders als alle gebruikers. Installateurs zijn essentieel voor het goed spreiden van de fasen en duidelijke instructies en

communicatie over het belang is hier belangrijk. Drie-fase aansluitingen en gebruik van drie-fase apparatuur, in bijvoorbeeld decentrale productie of -verbruik zoals laadpalen of zonnepanelen, zijn een ander deel van de oplossing. Producenten en installateurs van deze systemen spelen een belangrijke rol in de implementatie ervan.

**RANDVOORWAARDEN**

Faseschakelaars voor aansluitingen zijn al beschikbaar op de markt, maar voor individuele klanten prijzig. Bovendien zijn de baten niet uitsluitend voor de klant, maar voor de wijk, buurt en maatschappij. In gebieden met hoge faseonbalans zou deze schakelaars ingezet kunnen worden, gesubsidieerd door de netbeheerder en/of de overheid. Dit kan verzwarend voorkomen of uitstellen.

De overheid kan maatregelen nemen om de grenzen te verlagen voor wanneer apparaten of aansluitingen driefasig moeten zijn. In Nederland is de grootste 1-fase aansluiting 1 x 40 ampère, oftewel 9 kW en moeten vermogens-elektronische omzetter met een nominaal vermogen groter dan 5 kW in de regel op drie fasen worden aangesloten.<sup>4</sup> In Duitsland moeten alle apparaten die meer dan 4,6 kW gebruiken of opwekken 3-fasig zijn. In Zwitserland en Oostenrijk is de grens zelfs 3,7 kW.<sup>5</sup> Bovendien moeten in Duitsland

apparaten vanaf een vermogen van 11kW, zoals laadpalen en PV-opwek, door de installateur aangemeld worden aan de netbeheerder.<sup>6</sup> Dit geeft de netbeheerder meer inzicht van de belasting op het laagspanningsnet.

**IMPLEMENTATIE**

Inzet van fase-informatie – de aangesloten fasen en spanningsniveaus – van de netbeheerders lijkt kansrijk om te vertalen in aansluitingsadvies voor eigen monteurs en installateurs van apparaten achter de meter.

Bij installatie van laadpalen of zonnepanelen zijn driefase-oplossingen (voor laadpalen/omvormers) meestal duurder. De businesscase voor een particulier of bedrijf valt dus vaker uit op 1-fase. Er is echter een maatschappelijke waarde van 3-faseapparatuur. Het verschil tussen de private- en maatschappelijke businesscase zou door een gerichte subsidie overbrugd kunnen worden. Er zou ook geëist kunnen worden dat decentrale productie of -verbruik boven een bepaalde capaciteit over een driefasige aansluiting en omvormer moet beschikken.

**REFLECTIE EXPERTS**

- Helpt om de volledige kabelcapaciteit te benutten.
- Verbeteren van de spreiding door betere informatieverstrekking is een relatief eenvoudige ingreep.
- Kan de spreiding ook autonoom, door de spanning te meten?
- Oplossing vraagt geen of heel beperkte (gedrags)aanpassingen van aangeslotenen.



## Autonoom decentraal ingrijpen op het laagspanningsnet

Tijdelijk, decentraal en autonoom verbruik of opwek dempen om lokale overbelasting te voorkomen.

Tijdelijke overbelasting op het laagspanningsnet kan voorkomen worden door flexibele capaciteit in verbruik of opwek te dempen op piekmomenten. De kracht ligt in het autonoom en lokaal ingrijpen, waardoor het een robuust en simpel vangnet is. Door precies en plaatselijk overbelasting te voorkomen, kan infrastructuur beter beschermd worden, zonder grote hinder voor gebruikers.

Bovendien kan door dit vangnet een groter maximaal vermogen worden aangesloten. Met deze oplossing worden nadrukkelijk niet slimme energiemanagement-systemen bedoeld. Decentraal ingrijpen is een laatste redmiddel voor netbeheerders wanneer marktincentives en slimme systemen niet werken zoals bedoeld. De oplossing gaat uit van een simpel en robuust systeem, dat lokale overbelasting voorkomt op basis van (overbelastings-)data uit de transformator.

Een voorbeeld van het concept is GridShield, nu in ontwikkeling door ElaadNL<sup>1</sup>. Daarmee worden laadpalen aangestuurd om minder af te nemen wanneer het lokale netstation, als geheel of een bepaalde kabel, overbelast is. Sturing is autonoom en decentraal vanuit het netstation, dat wil zeggen: in één richting en zonder informatie uit de individuele laadpalen, waardoor het voldoet aan AVG-regelgeving.

Laadpalen hebben een groot vermogen en zijn relatief flexibel in hun afname, wat ze hiervoor erg geschikt maken. Hetzelfde principe kan ook toegepast worden op andere verbruikende of opwekkende technologie zoals warmtepompen of zonnepanelen. Als voorbeeld past de Texaanse netbeheerder het principe toe op de aansturing van airconditioning<sup>2</sup>. De software van GridShield kan aangepast worden voor deze toepassing.

## IMPACT

Een centraal aangestuurd systeem of een decentraal EMS met onderlinge afstemming kan in sommige gevallen niet op tijd reageren. Het is ook gevoeliger voor storingen of hacks in de communicatie. Slimme systemen hebben een cruciale rol in de energietransitie en met een simpel en robuust systeem als vangnet kan de markt zijn werk doen, terwijl netbeheerders een veilig alternatief hebben in noodsituaties.

Autonoom, decentraal ingrijpen gaat uit van de werkelijke, fysieke belasting van het net, in plaats van administratieve belasting. Wanneer er daadwerkelijk tijdelijk een te hoge belasting is, vangt het systeem dat op en wordt schade en uitval voorkomen. Het concept is door zijn eenvoud niet afhankelijk van centrale sturing, kan real-time ingrijpen en dempt het vermogen tot een veilig niveau. De veiligheidsgrenzen en dempingsregels kunnen variëren afhankelijk van de lokale netkarakteristieken.

Voor GridShield is gekozen voor éénrichting communicatie. Het signaal wordt vanuit de transformator verstuurd en verzamelt geen informatie uit de individuele laadpalen. Daarmee is er geen risico op het lekken van privacygevoelige informatie.

## STAKEHOLDERS

De oplossing grijpt voor betreffende apparaten in achter de meter. Dat is nu niet toegestaan, met uitzondering van noodsituaties. Een aanpassing van (de interpretatie van) de regelgeving is nodig. ACM kan de vertaling van wetgeving aanpassen in de netcode. Verder kan de rijksoverheid wetgeving aanpassen indien noodzakelijk.

Particulieren kunnen het concept ook vrijwillig invoeren, bijvoorbeeld in congestiegebieden. Energiegemeenschappen of -coöperaties zijn een geschikt platform om experimenteren en op te schalen, aansluitend op het concept van 'Lokaal balanceren woongebieden'. Voor bedrijven kan het een 'enabling technology' zijn om onder een bepaalde capaciteit te komen (goedkopere aansluiting), of het kan een contractueel vereiste zijn als variant op een flexibele aansluitovereenkomst.

De netbeheerder moet bepalen waar de oplossing eerst moet worden toegepast. Bovendien is zij verantwoordelijk voor de technologische uitrol.

## RANDVOORWAARDEN

Twee voorwaarden zijn dat de er voldoende informatie is over de fysieke netstatus (*grid state*) en dat de betreffende apparaten aanstuurbaar

zijn. De netbeheerders hebben niet allemaal en overal real-time metingen, maar zou het wel kunnen invoeren in gebieden waar overbelasting moet worden voorkomen door autonoom decentraal ingrijpen.

## IMPLEMENTATIE

Een MVP als GridShield kan al in pilots worden toegepast en worden uitgebreid voor andere apparaten. De oplossing kan dan geïntroduceerd worden op bekende, 'zwakke' plekken in het net.

Belangrijk voor acceptatie van de oplossing is een eerlijke verdeling van het dempen van de piekbelasting. Communicatie over het dempen of voorkomen van dempen kan bijdragen aan het energie-bewustzijn van aangeslotenen en is ook nodig om eventuele weerstand bij gebruikers weg te nemen. Het kan daarmee ook een bijdrage leveren aan gedragsverandering en het ontmoedigen van piekverbruik of -opwek.

Ontwikkeling van autonoom, onderling afstemmen (tussen aangeslotenen of apparaten) en ingrijpen is een alternatieve optie. Het kan bijvoorbeeld gegevens van slimme meters gebruiken. Dat brengt echter problemen met zich mee over privacy, communicatie, snelheid en betrouwbaarheid.

## REFLECTIE EXPERTS

- Decentraal ingrijpen op basis van meetdata maakt hoge benutting elektriciteitsinfrastructuur mogelijk.
- Wanneer aansturing uniform is (iedereen krijgt dezelfde maximale vermogen), leidt dit tot een eerlijke verdeling van beperking.
- Meteen toepasbaar op specifieke "zwakke" plekken.
- Bevordert lokaal denken en handelen in het energiesysteem en sluit daarmee aan op de decentralisatietrend in de sector.
- Het is de vraag of er compensatie nodig is? Of is verbeterde leveringszekerheid voldoende?



# Dynamische capaciteitsplanning en -handel

Vraag en aanbod voor transportcapaciteit actief matchen door capaciteitsplanning en -handel.

Dynamische planning en handel van capaciteit zorgt voor voorspelbaarheid in de mate waarin de transportcapaciteit gebruikt wordt en kan onbenutte transportcapaciteit beschikbaar maken voor andere gebruikers. Dit geeft meer inzicht in verwachte, onbenutte capaciteit waar met non-firm aansluitcontracten beter gebruik van kan worden gemaakt. De oplossing is geschikt voor grootverbruikers en grootschalige opwek en is daarmee een uitkomst voor congestie op de midden- en hoogspanningsnetten. Alleen al door meer transparantie over beschikbare netcapaciteit kunnen bedrijven bijdragen aan het beter benutten van het net.

Door naast een dynamische planning ook een handelssystematiek voor netcapaciteit te introduceren wordt transportcapaciteit onderdeel van de operatie en het

businessmodel van de aangeslotene. Het zal leiden tot het gebruiken van de netcapaciteit op die plaatsen waar de toegevoegde (economische) waarde het grootst is. In een extreme uitvoering wordt bovendien een toestand gecreëerd waarin feitelijk geen nieuwe aansluiting of verzwaring geweigerd hoeft te worden; de markt bepaalt of de aansluiting over de gewenste capaciteit kan beschikken, door verhandeling van de beschikbare transportcapaciteit.

Congestie is tijd- en plaatsgebonden en om die met deze oplossing te voorkomen moet de capaciteitsprognose dus ook voorzien zijn van tijd en plaats (nettrajecten). Dat stimuleert bovendien dat vraag en aanbod zoveel mogelijk lokaal worden uitgewisseld, waarmee een verdere ontlasting van hogere liggende netdelen wordt bereikt.

## IMPACT

Verbruikers en producenten handelen al in elektriciteitsverbruik en -opwek, waardoor er meer balans is in vraag en aanbod van elektriciteit. Voor netcapaciteit bestaat deze dynamiek niet. Er wordt alleen een vergoeding aan de netbeheerder betaald op basis van de aansluitcapaciteit. Door een marktmechanisme te gebruiken om capaciteit expliciet in te plannen en te verdelen in tijd en plaats, kan het net optimaler worden benut.

Capaciteitsplanning en -handel helpen bij het expliciet en bewust maken van de transportbehoefte van de aangeslotene. Het kan een oplossing bieden voor bedrijven die aansluitcapaciteit van andere bedrijven willen gebruiken, bijvoorbeeld op eenzelfde bedrijventerrein. Een dergelijke 'gerichte uitruil' van transportcapaciteit is nu niet mogelijk. Transportcapaciteit die nu wordt ingeleverd bij de netbeheerder wordt aangeboden aan de eerstvolgende in de wachtrij.

## STAKEHOLDERS

Alle grootverbruikers en producenten die hinder ondervinden van congestie hebben baat bij deze oplossing. Het vergt wel een aanpassing in het denken en doen bij deze bedrijven.

Verder moet ook platforms ontwikkeld worden en is onderbouwing in wet- en regelgeving nodig.

## RANDVOORWAARDEN

Om te beginnen is meer inzicht nodig in de capaciteitsbehoefte. De toenemende digitalisering van bedrijfsprocessen helpt dit mogelijk te maken. Ook netbeheerders moeten meer data gaan ontsluiten over hun netten.

Goede marktregels – transparant, gelijk en eerlijk – zijn vanzelfsprekend cruciaal.

Ongewenste maatschappelijke effecten moeten worden voorkomen, bijvoorbeeld door te zorgen dat aangeslotenen altijd een afgesproken baseload hebben en dat cruciale processen, zoals bijvoorbeeld ziekenhuizen, vrijgesteld zijn van de handel en voldoende capaciteit hebben.

## IMPLEMENTATIE

Het concept is een grote ingreep in het bestaande energiesysteem. Daarom moet goed bestudeerd worden wat het werkelijke potentiële (negatieve) effecten zijn op de elektriciteitsvoorziening.

Capaciteitshandel kan gebaseerd worden op een verandering van de huidige maximale transportcapaciteit naar een afgesproken baseload met vaste prijs. Bedrijven met (voorspelbare) fluctuerende capaciteitsbehoeften of goede flexmogelijkheden kunnen zo profiteren van lagere kosten voor hun baseload-aansluiting. Voor piekbehoeften kunnen ze gebruik maken

van capaciteitshandel, lokale samenwerking met andere bedrijven of opslagoplossingen (zie ook 'Flexibiliteit faciliteren op bedrijven(-terreinen)').

Resultaat wordt pas bereikt wanneer ook huidige aangeslotenen aan capaciteitsplanning gaan doen of bestaande aansluitovereenkomsten worden opengebroken naar een baseload-overeenkomst met capaciteitshandel. De marktregels moeten dat op de juiste manier faciliteren. Regels omtrent 'use it or lose it' van de reeds contracteerde capaciteit kunnen worden geïntroduceerd als stok achter de deur.

De interactie met andere initiatieven moet verder onderzocht worden.

- Het **LAN** is bezig met ontwikkelingen rondom congestiemanagement, onder andere nieuwe contractvormen.<sup>1</sup>
- **GOPACS** is een platform waar de netbeheerders bij verwachte congestie aan grootzakelijke klanten vragen of zij tegen een marktconforme vergoeding tijdelijk minder elektriciteit kunnen verbruiken of opwekken.<sup>2</sup>
- De **Real Time Interface** is een standaard voor communicatie over actueel beschikbaar transportcapaciteit en een manier voor de netbeheerder om direct in te grijpen bij acute netcongestie.<sup>3</sup>

## REFLECTIE EXPERTS

- Meer transparantie is al een belangrijke stap om bedrijven in de gelegenheid te stellen een bijdrage te leveren aan beter benutten.
- De oplossing gebruikt de kracht van de markt (omgaan met schaarste) om bestaande capaciteit optimaal te benutten, zeker als dat dynamisch gebeurt.
- Met juiste regels kan de oplossing stimuleren om vooral lokaal af te stemmen en zo hoger liggende netdelen te ontlasten.
- Positief om een oplossing te zien die het loslaten van de koperen plaat stimuleert.





## Flexibiliteit faciliteren bij bedrijven(-terreinen)

Flexibiliteit bewerkstelligen door veranderingen bij zowel bedrijven als netbeheerders.

Steeds meer bedrijven lopen tegen volle netten aan, waardoor uitbreiding of verduurzaming lastig is. De aanleg van nieuwe aansluitingen voor zowel afname als invoeding is niet mogelijk of duurt erg lang, soms wel 5-10 jaar voor grootverbruikers. Een alternatief voor nieuwe aansluitingen is flexibel ageren binnen de mogelijkheden. Om zulke flexibiliteit te realiseren is een actievere rol en meer samenwerken tussen bedrijven nodig. Netbeheerders en wetgevers moeten zulke samenwerking en flexibiliteit echter wel praktisch en wettelijk faciliteren.

Veel bedrijven zijn al gemotiveerd om te werken aan oplossingen voor het beter benutten van het elektriciteitsnet. Ze willen samenwerken en lokaal balanceren. Eén knelpunt is dat dat nu niet mag vanuit wettelijke regels en -kaders. Een ander

probleem is dat de individuele business case voor slimme oplossingen niet altijd sterk is, terwijl er wel een goede collectieve- of maatschappelijke business case is.

De oplossing sluit ook goed aan op de behoefte voor meer zelforganisatie door bedrijven. Meer redeneren vanuit base-load aansluiten dan peak-load stimuleert bedrijven om zelfstandig – met opslag – of samen met anderen – energiedelen – oplossingen te vinden voor hun pieken, zonder het net overmatig te belasten. Zie ook de oplossing 'Capaciteitsplanning en –handel'.

Er zijn voldoende technische oplossingen die energie-uitwisseling tussen bedrijven mogelijk maken; in de verdere uitwerking focussen wij ons echter op de organisatorische, sociale en juridische uitdagingen.

## IMPACT

Matchen van opwek en afname in tijd en plaats (lokaal balanceren) krijgt steeds meer aandacht als oplossing voor congestie. Bedrijven kunnen daar een rol in spelen wanneer ze de mogelijkheid hebben om samen te werken. De huidige regels beperken echter de mogelijkheden. Zo mag bedrijven niet rechtsreeks elektriciteit uitwisselen – het moet via een contract bij de netbeheerder. Soms is het zelf binnen hetzelfde bedrijf (één locatie) niet mogelijk om opwek en verbruik te balanceren indien dat op twee verschillende aansluitingen speelt.

Ook de netbeheerders zijn beperkt in hun instrumentarium. Er zijn wel nieuwe contractvormen op komst, zoals groepscontracten. Clusters van bedrijven organiseren dan zelf wie, wanneer, hoeveel capaciteit gebruikt, zolang ze niet boven de collectieve transportcapaciteit komen.

## STAKEHOLDERS

De eerste belangrijke stap is om bedrijven te informeren over hun huidige mogelijkheden. Bedrijven die willen samenwerken moeten daarin actief ondersteund worden met kennis en ruimte om te experimenteren.

Verder moeten bedrijven zelf meer aan het stuur

komen van hun elektriciteitsbehoefte en de wijze waarop ze die – dynamisch – invullen. Zij hebben (of kunnen) beter zicht (krijgen) op hun energieprofiel dan netbeheerders. Ook kunnen zij onderling zaken veel sneller regelen dan via overheid of netbeheerder.<sup>1</sup>

Met het aanstellen van een kwartiermaker of regisseur wordt coördinatie tussen bedrijven en betere ontsluiting van data makkelijker. Dat maakt dat het mogelijk om vanuit een collectieve businesscase voor alle deelnemers werken.

## RANDVOORWAARDEN

Meer samenwerking vraagt nieuwe juridische kaders en nieuwe organisatorische afspraken. Op vlak van wetgeving en regulering is het nodig om ruimte te maken voor uitwisselen van elektriciteit of delen van aansluitcapaciteit.<sup>2</sup>

Voor energiedelen is (Europese) regelgeving in ontwikkeling waar bedrijven van kunnen gaan profiteren. Voor het delen van aansluitcapaciteit kan een groepstransportovereenkomsten uitkomst bieden. Ook daaraan wordt gewerkt. Een derde mogelijkheid is het hanteren van een voorrangsaanwijzing voor capaciteitsaanvraag, wanneer de ruimte daarvoor ontstaat door vrijwillige teruggave van capaciteit van een reeds aangeslotene. Het delen van de aansluitcapaciteit

volgt daarmee de geldende regels en rollen van aangeslotene en netbeheerder. Uitsluitend de aansluitvolgorde wijzigt, in afwijking op *first come, first serve*.

De benodigde data moeten veilig en betrouwbaar worden ontsloten. Dat kan de weerstand bij bedrijven om deel te nemen in samenwerkingen verminderen. In analogie met warmtenetten kan een subsidie op een nuttige, maar laag rendabele business cases helpen te versnellen.

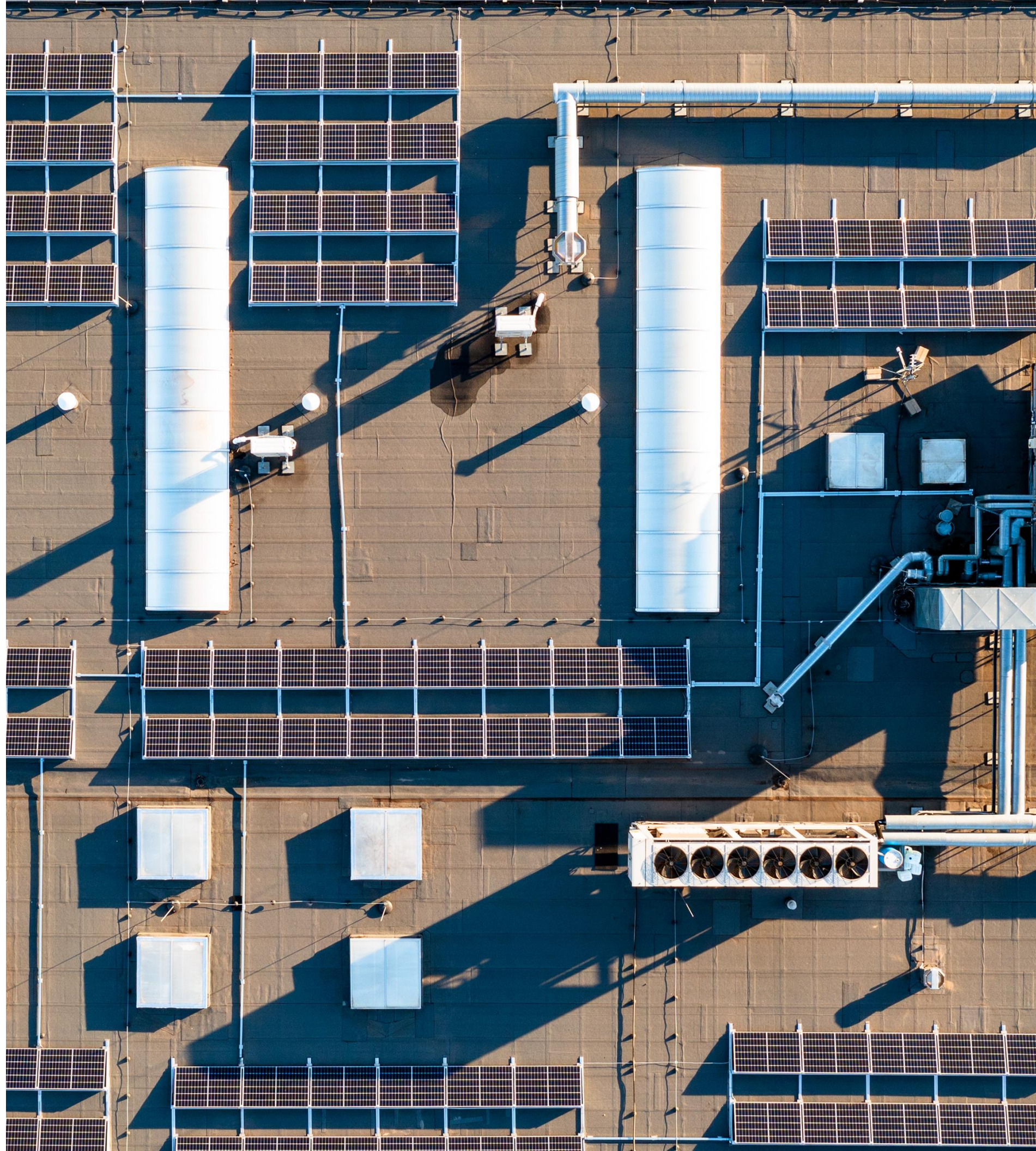
## IMPLEMENTATIE

In een ideaal geval wordt lokale samenwerking in de energiehuishouding integraal bekeken, inclusief warmte, waterstof en (groen)gas. Dat maakt het vraagstuk echter ook veel complexer. Experimenten in een eenvoudige context, die zich primair richten op elektriciteit leveren, leveren waarschijnlijk sneller leerpunten op.

Het verder stimuleren van experimenten met energy hubs geeft bedrijven ruimte om het zelf in te richten. Die experimenten richten zich bij voorkeur zowel op juridische wijzigingen als op het binnen bestaande regelgeving stimuleren van samenwerking. Om energierisico's op de lange termijn te verminderen, is het nuttig om nu al actie te ondernemen voor lokale samenwerking; transportcapaciteit blijft voorlopig schaars.

## REFLECTIE EXPERTS

- Bedrijven willen graag stappen zetten, maar weten niet altijd goed hoe door onbekendheid met de mogelijkheden en met het eigen energieprofiel.
- Ontsluiten van data is belangrijk, voor eigen inzicht van bedrijven, maar zeker ook voor samenwerking. De toenemende digitalisering van bedrijfsprocessen helpt dit mogelijk te maken, maar er is wel behoefte aan een eenduidige en veilige wijze van data delen.
- Het aanstellen van een regisseur of coördinator die verbindt tussen bedrijven onderling en met overheid en netbeheerder is nodig.
- Goede communicatie is een cruciale bouwsteen.



## Toepassen gelijkspanning

Gebruik van gelijkspanning in bestaande of nieuwe netdelen kan de doorvoercapaciteit met 50% verhogen.

Een kabel op gelijkspanning (DC) heeft een 50% hogere doorvoercapaciteit energie<sup>1</sup> dan dezelfde kabel op wisselspanning (AC). Gelijkspanning kan daarmee een significante bijdrage leveren aan het beter benutten van de elektriciteitsinfrastructuur.

Het elektriciteitsnet is uitgevoerd in wisselspanning. Het is de standaard in de wereld. Dat is historisch stabiel, geeft minder risico's en is makkelijker te transformeren naar andere spanningsniveaus.

Er zijn wel al oplossingen voor DC-DC conversie, alhoewel relatief prijzig, en nieuwe innovaties in ontwikkeling. De verbindingen met Noorwegen en het Verenigd Koninkrijk zijn uitgevoerd in gelijkspanning. In het

transporteren van grootschalige opwek van windenergie wordt gelijkspanning al toegepast, onder meer in de Verenigde Staten en ook TenneT heeft hiervoor plannen.<sup>2</sup>

Op kleinere schaal en lage spanning zijn er ook voorbeelden, bijvoorbeeld in onderwijsgebouw Pulse van TU Delft en DC-laadpalen vanuit zon. Een voordeel van een lokaal systeem op gelijkspanning is dat er geen DC/AC-conversieverliezen zijn (normaal: DC opwek, AC transport, DC verbruik) en het heeft een hogere transportcapaciteit.

Bij het gebruik van gelijkspanning moet echter ook goed gekeken worden naar veiligheidsaspecten. Zo zijn zwerfstromen van DC schadelijker dan bij wisselstroom.

**IMPACT**

Netdelen ombouw naar gelijkspanning kan verzwaring van kabels voorkomen. Transformatoren en aanverwante netcomponenten zullen wel moeten worden vervangen of aangepast. Ombouw is daarom niet per se goedkoper of minder ingrijpend dan reguliere verzwaring. Gelijkspanning lijkt vooral geschikt voor het transportnet en de hogere netdelen van het distributienet want de benodigde aanpassingen op aansluitingsniveau nemen sterk toe bij toepassing in de laagste netdelen. De oplossing biedt daardoor vooral een uitkomst in situaties waar de capaciteit op hogere netdelen de beperkende factor is, maar op lagere netdelen nog wel voldoende capaciteit voorhanden is.

Voor nieuwe netdelen met specifieke functieconfiguraties, bijvoorbeeld een energyhub of EV-laden vanuit een zonnepark, kan gelijkspanning een efficiënte keuze zijn. Elektriciteitsopwek van PV gebeurt in DC en alle batterijen, zoals thuisbatterijen, buurtbatterijen en elektrische voertuigen, draaien op DC. Door het rechtstreeks koppelen van opwek en verbruik op DC zijn minder kabels en netcomponenten nodig, en er is geen verlies bij iedere omvorming van en naar wisselspanning.

Gelijkspanning is in basis eenvoudiger en heeft minder componenten nodig (zonder rekening te houden met conversie naar AC). Daar staat tegenover dat de toepassing van gelijkspanning nog heel beperkt is, waardoor componenten

minder beschikbaar en duurder zijn. De kosteneffecten van gelijkspanning zijn dus afhankelijk van de precieze toepassing en betreffende netdelen.

**STAKEHOLDERS**

De kennis van gelijkspanning is schaars bij marktpartijen en netbeheerders. Het stimuleren van technologie- en kennisontwikkeling is belangrijk om deze oplossing verder te brengen.

De netbeheerders staan centraal in het beheren van de gelijkspanningsdelen van het net. Zij zijn en blijven verantwoordelijk voor het net. Dat vraagt van hen nieuwe expertise en competenties. Een mix van DC en AC infrastructuur introduceert meer complexiteit in ontwerp en beheer.

Naarmate gelijkspanning op lagere netdelen wordt toegepast wordt het aantal betrokken stakeholders groter; tot aan individuele aangeslotenen toe.

Bedrijven(terreinen) kunnen baat hebben bij het aanleggen van een (gedeeltelijk) gelijkspanningsnet. Zo kunnen bijvoorbeeld zonnepanelen rechtstreeks gekoppeld worden een laadinfrastructuur of andere apparaten op DC.

**RANDVOORWAARDEN**

Gelijkspanning komt langzaam meer in de belangstelling. Belangrijk voor bredere toepassing

is allereerst dat technologie en kennisontwikkeling verder worden gestimuleerd en dat meer kennis en ervaring wordt opgedaan over gebruik van gelijkspanning in het elektriciteitsnet, bijvoorbeeld uit het buitenland of met toepassingen in wind.

De wet- en regelgeving is niet ingericht op gelijkspanning.<sup>3</sup> Er is dus veel onzekerheid over het verkrijgen van vergunningen en subsidies. Voor nu zijn er ontheffingen afgegeven voor bepaalde projecten, maar een lange termijn oplossing is noodzakelijk.

**IMPLEMENTATIE**

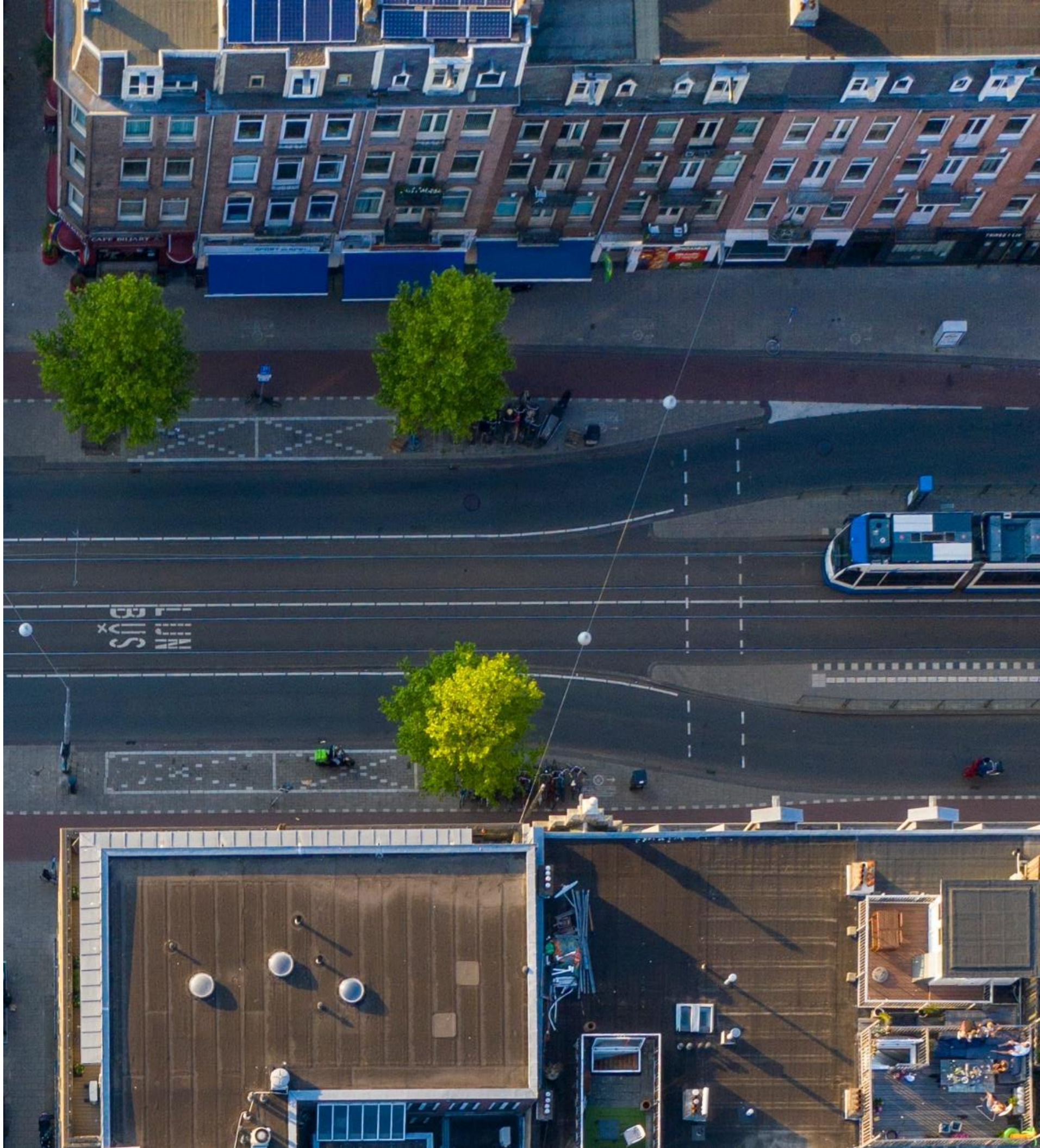
In welke functieconfiguraties – opwek, verbruik, spanningsniveaus, et cetera – of -locaties – energyhubs, eilanden – gelijkspanning een oplossing biedt moet nader worden onderzocht. De technologische potentie en het momentum zijn goed. Daarbij helpt het om de potentie vanuit de maatschappelijke businesscase of value case te evalueren.

In het PEH, Programma Energiehoofdstructuur heeft EZK recent ook aangekondigd voorstander te zijn van ‘diepe aanlanding’ van wind op zee bij Chemelot in Limburg – een rechtstreekse (ondergrondse) gelijkstroomkabel.<sup>4</sup>

Gelijkspanning speelt nadrukkelijk een rol in de oplossing op de volgende pagina: Benutten andere elektriciteitsinfrastructuur.

**REFLECTIE EXPERTS**

- De grootste kansen worden gezien in nieuwbouw van specifieke netdelen en functie- of locatieconfiguraties.
- Stimuleren van technologie- en kennisontwikkeling is noodzakelijk.
- Het uitdagen van bestaande, geaccepteerde systeemkeuzen (wisselspanning) helpt in het voor transitie benodigde omdenken. Gelijkspanning kan daarmee niet alleen een technische oplossing zijn, maar ook een katalysator in het denken over de energietransitie.
- In toepassing van lokale opwek en gebruik draagt het bij aan het decentrale narratief.



## Benutten andere elektriciteitsinfrastructuur

Gebruik maken van bestaande elektriciteitsinfrastructuur zoals voor straatverlichting en OV.

De netbeheerders – TenneT en de Regionale Netbeheerders zoals Enexis, Stedin en Alliander – beheren de reguliere elektriciteitsinfrastructuur. Er ligt echter ook veel e-infra bestemd voor specifiek gebruik. Door elektrische infrastructuur zoals voor straatverlichting en openbaar vervoer ook te gebruiken wordt het reguliere elektriciteitsnet ontzien. Zo kunnen meer verbruikers en opwekkers worden aangesloten of verzwaring wordt vermeden.

Elektrische infrastructuur voor onder meer straatverlichting en openbaar vervoer, zoals trams, metro en treinen, wordt vaak slechts een deel van de dag gebruikt of met intervallen. Zo kan bijvoorbeeld in drukke binnensteden, met overvolle MS- en LS-netten, de aansluitcapaciteit worden vergroot. Er zijn diverse initiatieven in binnen- en

buitenland om met name infrastructuur van openbaar vervoer te benutten:

- OV-bedrijf HTM heeft sinds 2019 plannen om een zonnepark te koppelen aan de 600V bovenleiding van Randstadrail 3 en 4 in Den Haag.<sup>1</sup> Technisch is dit haalbaar, maar huidige wetgeving houdt dit tegen.
- RET in Rotterdam onderzoekt de mogelijkheid van een zogenoemde E-OV hub. Dit is technisch, financieel en ook juridisch haalbaar.<sup>2</sup>
- In Duitsland wordt onderzocht of de hoogspanningslijnen voor de trein gebruikt kan worden om wind op zee van het noorden naar het zuiden van het land te transporteren.<sup>3</sup>
- In een variant die nu getest wordt door Graz University of Technology, laden elektrische auto's op de autotrein terwijl ze worden vervoerd.<sup>4</sup>

**IMPACT**

Deze oplossing laat elektriciteitsdistributie plaatsvinden over netten van andere entiteiten dan de regionale netbeheerders en ontlast het reguliere electriciteitsnet.

De coördinatie van distributie door verschillende entiteiten is mogelijk een complexe opgave. De complexiteit kan worden verminderd door het aantal verbruiks- of invoedingspunten te beperken tot bepaalde groepen, zoals laadpalen in een bepaald gebied of van een bepaalde aanbieder. Bovendien kan de complexiteit worden beperkt door lokale oplossingen te zoeken in de buurt van OV-hubs en energiegemeenschappen. Dit kan gebeuren door onder een bepaald midden-spanningsstation te werken. Uiteraard geldt dat de elektriciteitsinfrastructuur over voldoende ongebruikte capaciteit moet beschikken.

Infrastructuur voor treinen, trams en trolleybussen is uitgevoerd in gelijkspanning, maar slechts voor éénrichtingsverkeer; naar het voertuig.<sup>5</sup> Aanpassing naar tweerichtingsverkeer is mogelijk een oplossing voor bepaalde verbruikers als EV's.

Straatverlichting is traditioneel uitgevoerd in wisselspanning, maar er zijn ook enkele netten op gelijkspanning.<sup>6</sup> De verduurzaming van verlichting de afgelopen decennia zorgt al voor vrijgekomen capaciteit. Tel daar de grotere transportcapaciteit

van gelijkspanning bij op en er ontstaat ook op een dun uitgelegd net mogelijk ruimte voor andere gebruikers.

Ook zijn er al ervaringen met gebruik en beheer van infrastructuur op bedrijventerreinen door een GDS – Gesloten Distributiesysteem-beheerder, zoals Energiehaven Apeldoorn.<sup>7</sup>

**STAKEHOLDERS**

Energieproducenten en -afnemers hebben beiden baat bij deze oplossingen. Het is een innovatief concept waarbij partijen buiten de gebaande pad moeten durven stappen en samenwerken met nieuwe partijen. Er zijn ook technologische ontwikkelingen nodig. Hier ligt een rol voor marktpartijen en onderzoeksinstellingen.

Het helpt om de kansen te benaderen vanuit collectieve baten. Het is niet alleen winst voor elektriciteitsnetbeheerders, maar ook voor andere infrabeheerders – en uiteindelijk gebruikers. Juist de samenwerking en gezamenlijke verkenning tussen RNB's en infrabeheerders is nodig om oplossingen te vinden voor de belemmeringen.

**RANDVOORWAARDEN**

Een grote drempel om het te realiseren buiten pilot-projecten is de wet- en regelgeving. Voor het gebruik van OV-infrastructuur is een rapport gepubliceerd door Tilburg Universiteit<sup>8</sup>:

*Behalve met de Europese en nationale energiewetgeving moet er ook rekening gehouden worden met het mededingingsrecht en een wirwar aan regionale en internationale regels voor de regulering van openbaar vervoer.*<sup>9</sup>

**IMPLEMENTATIE**

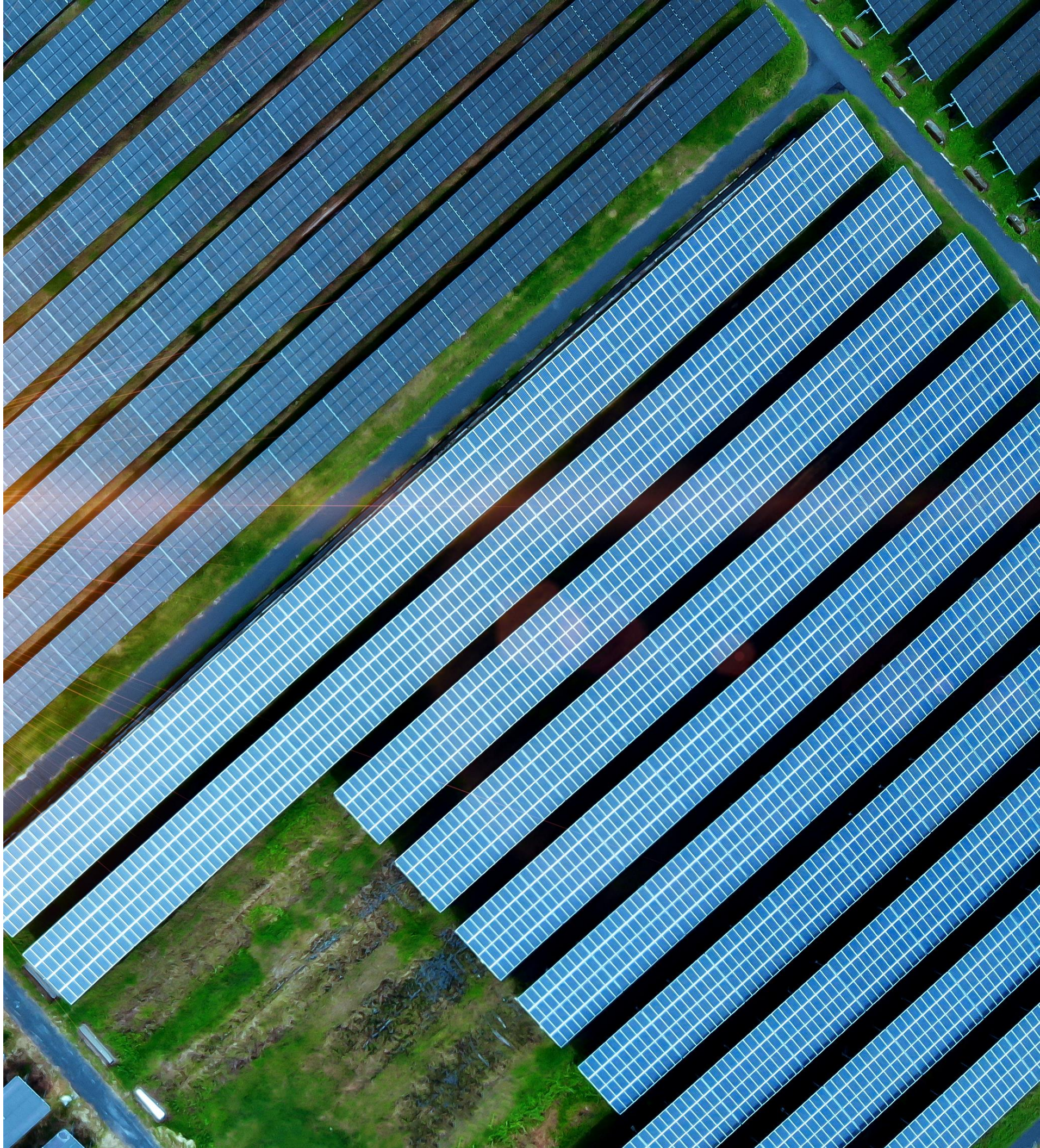
De kosten van het inzetten van bestaande elektrische infrastructuur is naar verwachting een fractie van de kosten van netverzwaringen. Technische – complexe aansturing, netaanpassingen – en juridische beperkingen – bestaande regulering – verdienen daarom aandacht om de kansen van bestaande elektrische infrastructuur nader te onderzoeken en concreter te maken. Er zijn voldoende initiatieven om het potentieel in de praktijk te toetsen en om van te leren.

In Nederland lopen er al pilot-projecten om alternatieve e-infra beter te benutten voor netversterking. In de OV-sector is er sprake van het gebruik van de bovenleiding voor trams, treinen, en trolleybussen voor ev-laadpunten.<sup>10</sup>

Het Nederlandse spoornet kan ook gebruikt worden voor invoeding. Zon en windparken zouden langs de spoorlijnen neergezet kunnen worden en via gelijkstroom rechtstreeks invoeden op het tram- of treinnet.<sup>2</sup>

**REFLECTIE EXPERTS**

- Het potentieel is mogelijk groot en met name straatverlichting biedt een fijnmazig net.
- Zonder verzwaring breidt de capaciteit toch uit.
- Probeer lokale oplossingen te zoeken rondom OV-hubs, in combinatie met energiegemeenschappen.
- Ga uit van collectieve baten en zoek samenwerking tussen RNB's en infrabeheerders.



# Locatiesturing duurzame opwek en opslag

Locatiesturing op basis van netcapaciteit, lokale elektriciteitsvraag en maatschappelijke belangen.

Bij locatiesturing sturen netbeheerders en lokale overheden actief op het aanwijzen van locaties voor duurzame opwek en opslag. Beschikbare netcapaciteit en lokale elektriciteitsvraag zijn daarbij leidende principes, maar maatschappelijke belangen kunnen ook meewegen in de locatiekeuze.

## **IMPACT**

Het instrument is een verdieping van de in de Regionale Energie Strategie (RES) gehanteerde zoekgebieden duurzame opwek. De verdieping zit hem zowel in het detailniveau van locatiesturing (van zoekgebied naar locatie-aanwijzing), als in de betrokkenheid van de netbeheerder (van adviseren naar mede bepalen) en de lokale overheid (van richting geven naar aanwijzen).

Actieve sturing op locaties voor duurzame

opwek en opslag past ook in de aanpak van Integraal Programmeren. Netbeheerder en overheid nemen meer regie in de ontwikkeling van het energiesysteem en kunnen daarbij met meer zekerheid anticiperen op toekomstige ontwikkelingen, omdat zij die ontwikkelingen mede vormgeven. Dat vraagt echter om duidelijke keuzes, waarbij men weerstand niet moet vermijden. Het huidige criterium voor netinvesteringen dat er aantoonbare behoefte moet zijn kan hiermee ook soepeler worden ingevuld; die behoefte is aangewezen.

## **STAKEHOLDERS**

Direct betrokken partijen zijn ontwikkelaars van duurzame energieopwek-projecten, netbeheerders en overheden. Indirect heeft het ook betrekking op burgers en bedrijven. In het huidige systeem worden locaties voor

duurzame opwek geïdentificeerd via de Regionale Energie Strategieën – RES. De RES werkt conform een draagvlakprincipe, waarbij de omgeving betrokken wordt in de planning. Dit kan echter traag werken en geeft niet voldoende duidelijkheid voor netinvesteringen. Actieve locatiesturing door netbeheerders en overheden is een sterkere top-down sturing.

### RANDVOORWAARDEN

Een aandachtspunt is de nauwere samenwerking tussen netbeheerders, producenten en energieleveranciers. Die rollen zijn in wet- en regelgeving strikt gescheiden. Deze oplossing zet die verhoudingen onder druk en vraagt mogelijk om aanpassing van regels.

Omdat locatiekeuze van duurzame opwek potentieel gevolgen heeft voor bedrijven in de directe nabijheid of in de regio, moet geborgd worden dat keuzes van de netbeheerder en overheid rechtmatig zijn. Dit kan bijvoorbeeld door te zorgen voor een objectieve onderbouwing, of een principe van ‘hoger maatschappelijk belang’ toe te passen.

### IMPLEMENTATIE

Een eerste directe manier om locatiesturing uit te voeren, is door tenders uit te schrijven om productie- of opslagmiddelen te ontwikkelen. Dit

gebeurt op zee met de aanwijzing van Windkavels en kan ook op land voor zon, wind en batterijen. Daarbij kunnen ook specifieke voorwaarden (bijvoorbeeld NFA) onderdeel zijn van de aanpak, waarbij ook in de overeenkomst voorwaarden ten behoeve van congestiebijdragen kunnen worden opgenomen.

Een tweede mogelijkheid is om netbeheerders de mogelijkheid te geven opslagmiddelen te realiseren om lokale pieken op te vangen. Dat kan ook de hoge transportkosten voor opslagmiddelen oplossen, die nu vaak een positieve businesscase beperken. Volgens EU wetgeving<sup>1</sup> en de verwachte Energiewet<sup>2</sup> is opslag een taak voor de markt en niet de netbeheerder. Alleen als er geen marktpartij is kan onder bepaalde omstandigheden netbeheerders elektriciteitsopslag bezitten, ontwikkelen, beheren of exploiteren.<sup>3</sup> Het zou wenselijk zijn om voor netbeheerders, onder bepaalde voorwaarden, de exploitatie van de opslag uit te besteden, waardoor ze uit het marktdomein kunnen blijven. De flexopbrengsten zijn dan voor de exploitant; de locatievoordelen en congestiebijdrage voor de netbeheerder.

Een meer indirecte vorm van locatiesturing is om beschikbare netcapaciteit mee te nemen in de beoordeling van subsidieaanvragen. Dat forceert

het meewegen van netcapaciteit door initiatiefnemers en verlegt die verantwoordelijkheid niet naar netbeheerder en overheid, zoals een tender dat wel doet. Dit kan bijvoorbeeld op basis van het explicieter meewegen van de netcapaciteit in een transportindicatie voor de SDE. In het algemeen kan het marktpartijen bovendien stimuleren om een tekort aan netcapaciteit anders op te lossen.

Voor opslag is ook locatiesturing nodig, om te voorkomen dat opslag daar gerealiseerd wordt waar het de netbelasting verhoogt in plaats van verlaagt. Opslag moet dan ook nadrukkelijk niet slechts worden ingezet voor energietransacties, maar ook voor het voorkomen van congestie. Dit vraagt wel dat uit beide activiteiten inkomsten kunnen worden gegenereerd voor een sluitende businesscase.

Het belang van batterijen en de juiste locatie daarvan wordt onderstreept door netbeheerder TenneT. Zij hebben recent een position paper gepubliceerd met een eerste schets van waar batterijopslag voor flexibiliteit moet komen.<sup>4</sup>

Kijkend naar toekomstige ontwikkelingen is locatiesturing ook relevant voor de productie van waterstof, vanwege de grote impact op het net.

### REFLECTIE EXPERTS

- Locatiesturing is voor duurzame productiemiddelen en opslag net zo belangrijk.
- Er is een sterke behoefte om congestieproblemen op zijn minst niet te verergeren met de toename van duurzame, decentrale opwek en opslagmiddelen.
- Netbeheerders en overheden moeten meer samenwerken en elkaar beter gaan begrijpen.
- RES is relatief statisch, de energietransitie is dynamisch. Er is behoefte aan een meer dynamisch instrument dan de RES voor locatiesturing.
- Digitale tools, zoals digital twins, kunnen helpen om inzichten te geven, locaties te beoordelen en stakeholders op dezelfde lijn te krijgen.





## Off-grid elektriciteitstransport

Elektriciteit transporteren tussen netdelen, door inzet van ondermeer grootschalige mobiele opslag.

Door inzet van grootschalige mobiele opslag kan elektriciteit getransporteerd worden tussen netdelen waar transport vanwege congestie onmogelijk is. De rest van het net kan beter worden benut door een bottleneck te vermijden. Het kan ook ingezet worden voor transport naar locaties waar slechts tijdelijk elektriciteit nodig is, als alternatief voor een net aanleggen. Een voorbeeld is de bouwsector die nu aan het elektrificeren is.<sup>1</sup> Tijdens de bouwfase is een oplossing om batterijen voor de bouwmachines bij een zonnepark op te laden en te vervoeren naar de bouwplaats.

Transport van elektriciteit kan met batterijen of gespecialiseerde voertuigen in combinatie met geautomatiseerde laad- en transportprogramma's ingezet worden. Het net in gebieden met opwek-congestie wordt ontlast door op kritieke momenten batterijen te laden

om die in gebieden met vraag-congestie te ontladen. Dit kan de benodigde mate van curtailment en vraagsturing beperken. Het concept zorgt ook voor een flexibele en gecontroleerde vermazing van het net; netdelen worden verbonden, naar specifieke (en tijdelijke) behoefte zonder dat die verbinding de netsturing compliceert. Transport kan zowel over land als over water.<sup>1</sup>

Voor tijdelijke vraaglocaties wordt het principe al toegepast, bijvoorbeeld op festivals en bouwplaatsen, als vervanger van diesel aggregaten. Een permanent voorbeeld van off-grid elektriciteitstransport is de inzet van trucks om buitenstedelijk opgewekte elektriciteit naar Aziatische binnensteden te brengen voor het laden van elektrische scooters; de elektriciteitsinfrastructuur is niet in staat dat laadvolume te dragen. (Bron)

**IMPACT**

De efficiëntie van elektriciteit opslaan, vervoeren en elders gebruiken of weer invoeren is altijd lager dan elektriciteit via het net transporteren. Off-grid elektriciteitstransport heeft daarom vooral impact als tijdelijke oplossing, in plaats van tijdelijk aanleg van een aansluiting.

In de toepassing van transport tussen netdelen kan de oplossing tijdelijk ingezet worden in afwachting op netuitbreidingen of -verzwaringen. Wel maakt het gebruik van afname en invoeding op verschillende netdelen en mogelijk verschillende locaties. Dit vraagt om meerdere netaansluitingen die flexibel gebruikt gaan worden wat moet worden ingepast in de infrastructuur en geldende regels.

Het concept heeft grotere financieel voordelen indien er overgestapt wordt op regionale biedzones. Off-grid elektriciteitstransport kan dan gebruik worden gemaakt van prijsverschillen tussen de biedzones en dat kan het businessmodel van de oplossing ten goede komen, mits de prijs mede wordt bepaald door de netcapaciteitsdruk op een netvlak.\*\*

**STAKEHOLDERS**

Off-grid elektriciteitstransport is een optie die in zeer specifiek gevallen een uitkomst biedt, zoals

de al eerder genoemde tijdelijke behoefte, projecten die elkaars disbalans kunnen oplossen. Om het voorbeeld van de bouw aan te halen: mobiele opslag is daar voor meerdere bouwprojecten te hergebruiken en kan er voor zorgen dat een project eerder van start kan gaan, zonder aansluiting op het net te hoeven afwachten. Het is belangrijk dat er samenwerking gezocht wordt tussen opwekkers die hun elektriciteit niet op het net kwijt kunnen of willen, en gebruikers die behoefte hebben aan deze energie.

De oplossing kan ook positief uitwerken voor andere afnemers; door inzet van off-grid elektriciteitstransport wordt de netcapaciteitsdruk, en daarmee de prijs, lager.

**RANDVOORWAARDEN**

Er is haalbaarheidsonderzoek nodig om de werkelijke potentie en geschikte inpassing voor het off-grid transport tussen netdelen in het elektriciteitssysteem te bepalen. Ook eventuele ongewenste prijseffecten of invloed op de netsturing moeten worden onderzocht. Zodra dit duidelijk is, moet wet- en regelgeving de ontwikkeling en toepassing faciliteren. Een belangrijk vraagstuk is hoe de oplossing past in de scheiding tussen het gereguleerde netbeheer en het marktdomein voor levering.

**IMPLEMENTATIE**

Voor inzet als tijdelijke oplossing is de technologie beschikbaar en deze kan worden opgeschaald als er meer zicht komt op de precieze markt van toepassingen.

Praktisch gesproken zal er een vloot aan voertuigen of vaartuigen nodig zijn om het transport te verzorgen. Deze voertuigen zullen gebruik moeten maken van volwassen- en efficiënte opslagtechnieken.

*\*Deze oplossing zit op het randje van het opdracht om een overzicht te maken voor slimme oplossingen voor het beter benutten van de elektriciteitsinfrastructuur.*

*\*\* Regionale biedzones en prijsarbitrage zijn in de eerste inventarisatie van oplossingen meegenomen, maar niet separaat uitgewerkt. Zie bijlage 'Longlist'.*

**REFLECTIE EXPERTS**

- Geschikt als tijdelijke oplossing, voor tijdelijke vraag of tot infra verzwaaard is, zoals festivals en bouwplaatsen.
- Financiële haalbaarheid is twijfelachtig; in veel gevallen volstaat waarschijnlijk het slim laden en ontladen van één of meer batterijen.



## Zwermoptimalisatie in elektrisch laden

EV's (ont-)laden, gestuurd door slimme algoritmen of AI, geredeneerd vanuit de 'zwerm'.<sup>1</sup>

Het net kan efficiënter gebruikt worden door elektrische voertuigen (EV) slimmer te laden en ontladen met gebruik van algoritmes, AI en informatie over netcongestie. De technologie moet optimaliseren op collectief belang, zonder daarbij het individuele belang al te zeer te schaden. Voor een individuele EV kan een bepaald moment en bepaalde plek optimaal lijken om te laden, vanuit een bestemming of route. Echter als die laadplek in een congestiegebied zit en (tijdelijk) minder capaciteit heeft is een collectieve optimalisatie beter, bijvoorbeeld zoals in project Flexpower<sup>2</sup>. Collectieve optimalisatie draagt voor het individu daarom ook bij aan het voorkomen van minder laadvermogen en dus een langere laadtijd. Collectief wordt lokaal overbelasting van het net voorkomen.

Inspiratie kan gevonden worden in route en laad-planners voor elektrische auto's. Tesla

maakt gebruik van AI, met real-time data – waaronder de locaties en beschikbaarheid van Tesla-laders en huidige batterijniveau van het voertuig, oplaadsnelheden en de afstand tot de bestemming – om gebruikers optimale laadaanbevelingen te bieden. Er bestaan ook meerdere apps om EV-rijders optimaal gemak te bieden in het plannen van oplaad- en reistijd. Vergelijkbare software kan ontwikkeld worden rekening houdend met beschikbare netcapaciteit. Door optimalisatie-parameters en het algoritme slim in te zetten kan voor het collectief van EV-rijders de meest optimale laadplekken gevonden worden.

Bij doorontwikkeling en brede toepassing van Vehicle2Grid, kan met prijsprikkels zelfs worden gestimuleerd dat EV-gebruikers op bepaalde momenten en locaties hun voertuigen ontladen om verbruikspieken van andere gebruikers tegen te gaan.

**IMPACT**

Zwermoptimalisatie van (ont-)laden draagt bij aan het efficiënter benutten van beschikbare capaciteit. Voorwaarde is dat het niet leidt tot een slechtere ervaring voor de individuele gebruiker. Het is de elektriciteitsvariant van file-informatie en dynamische routeplanning op het wegennet.

De impact en toepasbaarheid van de oplossing is groter bij bestemmingsladen, waarbij het voertuig meerdere uren stil staat. Voor snelladen onderweg naar een bestemming is de impact op het beter benutten van het elektriciteitsnet beperkt, maar kunnen keuzes voor bepaalde laadlocaties lokale congestie verlichten.

Het aantal elektrische voertuigen groeit snel. De laadinfrastructuur moet meegroeien. Het plaatsen van laadinfrastructuur wordt echter steeds vaker tegengehouden door gebrek aan netcapaciteit. Zwermoptimalisatie kan meer capaciteit beschikbaar maken door clustering van laadinfrastructuur zoals in project Flexpower. De capaciteit van laadpalen op dezelfde kabel wordt geclusterd en in piekmomenten beperkt.

**STAKEHOLDERS**

EV-rijders en EV-vlootbeheerders hebben baat bij veel beschikbaar laadmogelijkheden en duidelijkheid over de laadsnelheid. Onderdeel van de oplossing moet dus ook zijn dat tech-bedrijven

apps of andere digitale tools ontwikkelen om inzicht te geven in laadvermogens, prijzen en de meest gunstige plek om te laden.

Er moet communicatie over capaciteit zijn tussen netbeheerder en Charge Point Operator (CPO) evenals met de bovengenoemde apps of tools die laadvermogens communiceren naar de gebruiker.

**RANDVOORWAARDEN**

Ontwikkeling van data-uitwisseling, apps en/of platforms is cruciaal in het bewerkstelligen van de oplossing. Daarbij kan het helpen om vooral open source ontwikkeling te stimuleren. Dominantie van commerciële partijen (monopolies) kunnen weerstand of onduidelijkheid geven of tot perverse prikkels leiden. Ook met het gebruik van AI en daarmee geassocieerde bias moet zorgvuldig worden omgegaan.

**IMPLEMENTATIE**

Om de oplossing te implementeren zijn inspanningen en coördinatie nodig van een diverse groep betrokkenen. Allereerst is voor de oplossing meer (near-realtime) data nodig, van het elektriciteitsnet, maar ook van gebruikers. Die data moeten betrouwbaar en beveiligd zijn. Hiervoor zijn regelgeving, toezicht en communicatie-protocollen nodig. Om slimme algoritmes (met of zonder AI) te ontwikkelen voor grootschalig gebruik van EV's zal een enorme

hoeveelheid data verwerkt moeten worden om alle elektrische voertuigen in een gebied optimaal te sturen op basis van netbelasting. Neural networks kunnen helpen om de complexiteit te verwerken.

Pilots met bijvoorbeeld elektrische bestelwagens in een specifieke gemeente kunnen helpen bij het ontwikkelen van de technologie, via ontwikkelen, testen en doorontwikkelen.

Verdere ontwikkeling van V2G technologie en adoptie biedt aanvullende mogelijkheden voor zwermoptimalisatie. Het effect wordt groter als ook kan worden ontladen op de juiste locaties en momenten. Dit kan met prijsprikkels worden gestimuleerd, zoals lokale dynamische tarieven.

Deze oplossing kan geïmplementeerd worden voor zowel personenvervoer als in de logistieke sector; voor zowel lange afstandstransport als stadsdistributie. Ook een combinatie met energyhubs op bedrijventerreinen ligt voor de hand; transporteurs kunnen door afstemming van de laadmomenten de collectieve capaciteit beter benutten (zie 'Faciliteren flexibiliteit bedrijven').

Tot slot is deelname van voldoende EV-rijders cruciaal voor het succes van deze oplossing. Een voorwaarde is dat de oplossing gemakkelijk te gebruiken en financieel aantrekkelijk is voor zowel individuele EV-rijders als transporteurs.

**REFLECTIE EXPERTS**

- De juiste prikkels (financieel, gebruiksgemak) zijn cruciaal.
- Technologie is in basis voorhanden maar doorontwikkeling is nodig, bij voorkeur gebeurt dat open source.



## Alternatieve storingsreserve MS

Hoger gebruik van de redundantiecapaciteit door vraagsturing en invoeding als storingsreserve.

Voor leveringszekerheid is ons elektriciteitsnet (hoog- en middenspanning) uitgerust met een storingsreserve die we kunnen vergelijken met de vluchtstrook op een snelweg. In geval van uitval van een tracé als gevolg van een storing of werkzaamheden, wordt de elektriciteitsbehoefte in het achterliggende netdeel geleverd via andere trajecten. Als er geen storingsreserve (vluchtstrook) was zouden we vaker last hebben van elektriciteitsuitval.

De storingsreserve is nu onbenut fysieke infrastructuur (zie uitzonderingen op volgende pagina). Door de storingsreserve op alternatieve wijze in te richten komt meer fysieke capaciteit (redundantiecapaciteit) vrij voor regulier elektriciteitstransport. Alternatieve storingsreserve kan in hoofdzaak via vraagsturing en/of met invoeding. Vraagsturing kan door het afschakelen van

niet-kritisch verbruik. Dat gaat uit van een principe van 'voorwaardelijke capaciteit': aansluitingen kunnen de maximale capaciteit gebruiken, met uitzondering van storingsituaties. In storingsituaties wordt op afspraak specifiek, niet-kritische verbruik (tijdelijk) verminderd of afgeschakeld.

Decentrale, regelbare invoeding van elektriciteit voor storingsituaties zorgt voor aanvoer van elektriciteit. Dat kan in theorie met een statische (redox-)batterij, maar regelbare opwek op basis van (hernieuwbare) brandstof ligt meer voor de hand. Eventuele mogelijkheden voor inzet van mobiele of op zijn minst verplaatsbare batterijen kan worden onderzocht. Contractuele afspraken kunnen ook worden gemaakt met opwekinstallaties dat ze in sommige gevallen tijdelijk en/of deels afgesloten worden.<sup>1</sup>

## IMPACT

In de eerste plaats helpt alternatieve storingsreserve de impact van een storing te beperken, zeker in congestiegebieden. Daar is de fysieke beschikbare storingsreserve beperkt en heeft een storing eerder een grote impact. Ten tweede kan door het inzetten van een alternatieve storingsreserve een kleinere redundantie (een kleinere vluchtstrook) worden aangehouden en een groter deel van de capaciteit gebruikt worden voor regulier elektriciteitstransport. Dat geldt voor zowel bestaande als nog aan te leggen netten.

Het principe van ‘voorwaardelijke capaciteit’ bij vraagsturing kan ook breder worden ingezet dan alleen voor storingssituaties. Het kan ook verschillend worden geprijsd, met bijbehorende, nieuwe contractvorm volgens de non-firm ATO-methodiek. Dat geeft ook ruimte aan bedrijfsmatige gebruikers om hun back-up anders in te richten dan via het net.

Voor varianten van alternatieve storingsreserve via extra invoeding zijn waarschijnlijk dure extra assets nodig, die relatief weinig gebruikt worden. Het is daarmee een kostbare back-up die alleen te rechtvaardigen is als de daarmee vrijkomende redundantie hoge (maatschappelijke) baten geeft. Met strategische plaatsing kan mogelijk eenzelfde asset op meerdere netdelen worden aangesloten wat het aantal benodigde assets beperkt.

## STAKEHOLDERS

Wet- en regelgeving staat netbeheerders toe alternatieve storingsreserve zelf of via marktpartijen te organiseren. De mate waarin, met daaraan gerelateerd veranderingen in leveringszekerheid, zijn echter wel onderwerp van discussie voor de overheid en specifiek ACM.

## RANDVOORWAARDEN

Voor vraagsturing moet vooral wet- en regelgeving worden aangepast zodat netbeheerders capaciteit op netdelen of aansluitingen kunnen beperken, nieuwe contractvormen mogen aanbieden of zelf assets mogen realiseren. Met het codebesluit enkelvoudige storingsreserve is het gebruik van storingsreserve (tot een zeker niveau) in het hoogspanningsnet mogelijk voor invoeding van duurzame opwek. Wel is dit onder de voorwaarde dat de invoeding beperkt kan worden bij storing.

## IMPLEMENTATIE

Implementatie van alternatieve storingsreserve zou enerzijds kunnen door het realiseren van opwek- of opslagcapaciteit bij de netbeheerders. Dat mag volgens de wet- en regelgeving nu niet (zie ook oplossing ‘Locatiesturing’).

Anderzijds kan alternatieve storingsreserve worden ingekocht bij marktpartijen, zoals TenneT dat doet voor reservevermogen. Het kan ook

contractueel worden vastgelegd, zoals eerder uitgelegd, via nieuwe contractvormen. De netbeheerder kan ook een derde partij in schakelen om de opwek- of opslag te realiseren voor gebruik in functie van de netbeheerders. Daarbij kan mogelijk ook gebruik worden gemaakt van opslagcapaciteit die omwille van marktactiviteiten is gerealiseerd of van bestaande flexmiddelen van aangesloten. Hoe dan ook, er moet geborgd worden dat netbeheerders met deze activiteiten de markt niet verstoren en marktpartijen moeten worden gecompenseerd voor hun bijdrage.

Vervolgonderzoek of potentiëstudie moet meer inzicht geven in de impact die de drie varianten – vraagsturing, opslag en decentrale opwek – kunnen hebben op het beter benutten van het net: “Hoe groot is de redundantie op MS en welk deel daarvan kan worden vrijgemaakt?” Ook moet onderzocht worden in hoeverre de oplossingen van opslag en opwek ook ruimtelijk in te passen zijn op die plaatsen in het net waar ze een wezenlijke bijdrage kunnen leveren. Natuurlijk zijn ook combinaties van vraagsturing en extra invoeding mogelijk. Beheersregels en algoritmen kunnen een rol spelen in het kiezen van de juiste configuratie, afhankelijk van type storing en de context (locatie en omgevingsfactoren).

## REFLECTIE EXPERTS

- De technologie is beschikbaar en er is inmiddels ervaring met vergelijkbare kaders en benodigde contractvoorwaarden.
- Het concept kan bijdragen aan een relevante discussie over de standaard van leveringszekerheid die we in Nederland gewend zijn. Met de centrale vraag of het vanuit maatschappelijke kosten gewenst of noodzakelijk is om een lagere leveringszekerheid te accepteren of in termen van quality of service verschillende zekerheidsniveau aan te bieden.
- Een eerste stap in het beter benutten van de storingsreserve op MS is het harmoniseren van de nu nog verschillende werkwijzen van netbeheerders ten aanzien van (ontworpen) redundantie. Wellicht kan zo al ruimte worden gevonden.

# Reflectie en vervolg

Dit rapport bevat de resultaten van een verkenning naar onderbelichte oplossingen voor het beter benutten van het elektriciteitsnet. Het past niet bij de aard van het onderzoek om uitgesproken conclusies te verbinden aan die resultaten. Een reflectie van de auteurs is wel op zijn plaats. We benoemen daarbij enkele suggesties voor vervolg.

## REFLECTIE OP HET ONDERZOEK

De verkenning brengt waardevolle suggesties naar voren, waarop door betrokkenen met geïnteresseerd enthousiasme is gereageerd. We stellen echter ook vast dat er geen ei van Columbus gevonden is. De concepten bestrijken een brede waaier van veranderingen op technisch, sociaal, juridisch en institutioneel vlak. Ze variëren in abstractie, van concreet en relatief eenvoudig te implementeren, tot sterk conceptueel en ingrijpend voor het bestaande energiesysteem.

De concepten in dit rapport zijn slechts op hoofdlijnen uitgewerkt. Over impact en haalbaarheid zijn meer vragen gesteld dan beantwoord. Nadere verdieping, in brede discussies of gericht onderzoek, moet de uitwerking verbeteren voordat conclusies kunnen worden getrokken. Dat mag ook leiden tot de vaststelling dat concepten geen bruikbare oplossing zijn in de huidige energie-transitie. Elk concept in het onderzoek heeft potentieel, maar voor slim gebruik van het elektriciteitsnet en een effectieve energietransitie is het vinden van synergie tussen oplossingen volgens ons essentieel.

De experts en stakeholders die bij het onderzoek betrokken waren hebben waardering uitgesproken voor het uitwisselen van, en het reflecteren op nieuwe ideeën. Er is behoefte om dit vaker te doen, vrij van belangen of afgebakende opdrachten.

## VERVOLGSTAPPEN

Voor ieder van de concepten zijn stappen benoemd die nodig zijn voor versnelling van realisatie. Actieve ondersteuning is nodig om die stappen te zetten. Dat kan door opname in landelijke programma's, zoals de Landelijke Aanpak Netcongestie, het Topsector Energie programma Systeemintegratie (MMIP13) en het Topsector Energie programma Digitalisering. Andere mogelijkheden zijn specifieke onderzoeksprojecten naar potentie en haalbaarheid, of creatievere vormen zoals prijsvragen en hackathons. Dit geldt met name voor concretere concepten, zoals congestiecommunicatie, locatiesturing duurzame opwek en opslag en alternatieve storingsreserve. We moedigen de Topsector Energie (TSE) aan om hierin het voortouw te nemen. Ook roepen we hen die enthousiast zijn geworden van één of meer concepten op zich bij TSE te melden.

Daarnaast adviseren we de oprichting van een groep dwarsdenkers – werknaam: *energy misfits* – ter voortzetting van het vrije denken, te beginnen met nadere discussie over de meer conceptuele oplossingen uit dit onderzoek. Vervolgens kan het zich dan ontwikkelen als broedplaats voor nieuwe, onconventionele ideeën, vanuit een 'what-if' mentaliteit, zonder te zoeken naar consensus, maar juist denken buiten gebruikelijke kaders van wat mogelijk of wenselijk lijkt.

We hopen dat dit rapport een katalysator is voor verdere dialoog. We kijken uit naar de verdere discussie, innovatie en samenwerking, in de gezamenlijke inspanning om ons elektriciteitsnet beter te benutten. We roepen iedereen op te reageren – enthousiast of kritisch – en bij te dragen aan het voortstuwende van de ideeën.

# Methodologie

Dit hoofdstuk beschrijft de gevolgde benadering om de onderzoeksdoelstellingen te bereiken.

Het onderzoek bekeek vanuit zes perspectieven hoe het elektriciteitsnet beter kan worden benut:

- Productie, levering en opslag
- Transport en distributie
- Gebruik
- Digitalisering
- Overheid
- Wetenschap

Informatie is verkregen en geselecteerd door:

- Informatie ontsluiten uit bureauonderzoek
- Input van experts en stakeholders
- Heldere selectiemethode en analysecriteria

Het onderzoek werd uitgevoerd in vijf fasen: **inventarisatie**, **selectie**, **analyse**, **reflectie** en **rapportage**.

## 1. Inventarisatie

Ruim 100 oplossingen zijn verzameld via een brede inventarisatie, waaronder bureauonderzoek van academische artikelen, maar vooral uit interviews met experts en stakeholders uit de zes aandachtsgebieden. De wereldwijde ervaring van Stantec bracht het internationale perspectief.

Een Out-of-the-Box sessie was ook deel van de inventarisatie. Een Inspiration Gallery met congestieoplossingen uit andere sectoren vormde inspiratie voor een groep experts om tot nieuwe ideeën te komen en deze toe te passen op het huidige elektriciteitsnet.

## 2. Selectie

Na de inventarisatie werden circa 40 oplossingen geselecteerd en soms gecombineerd tot systeemoplossingen. Daaruit zijn de in dit rapport beschreven twaalf oplossingen geselecteerd. De selectie is gemaakt op basis van potentiële impact, haalbaarheid en op basis van de voorhanden informatie voor de betrokkenen.

Omdat het probleem meestal niet de techniek is, maar de implementatie van de technologie in een bestaand systeem van regels en gewoontes, is de focus in de selectie gevallen op systeemoplossingen met een integraal karakter. Het zijn daarmee vooral oplossingen in de tweede- en derde innovatiehorizon. De long list in de bijlage bevat ook meerdere eerste horizon oplossingen.

## 3. Analyse

In deze fase werd verdiepende informatie verkregen over de geselecteerde innovaties. Dit was mogelijk door actieve betrokkenheid van relevante stakeholders. De analyse bevatte een beschrijving van elke innovatie en gaf een eerste indicatie van de impact ervan.

## 4. Reflectie - expertbijeenkomst

In een reflectie met experts zaten de verschillende perspectieven samen aan tafel. Met creatieve werkvormen hebben we gereflecteerd op de oplossingen, met een focus op mogelijke belemmeringen en randvoorwaarden.

## 5. Rapportage

Na de analyse en expertbijeenkomst is dit rapport opgesteld om relevante informatie te bundelen en onderbelichte oplossingen met potentie voor een effectiever elektriciteitsnet helder te presenteren.

Het proces heeft in grote mate geprofiteerd van de enthousiaste betrokkenheid van experts die hun inzichten en kennis met ons deelden. Het inventariseren van een breed scala aan gedeelde innovaties, gecombineerd met hun analyse en reflectie, heeft deze brede verkenning voorzien van de vereiste diepgang om op voort te bouwen.

De methodologie streefde er niet alleen naar om input te verkrijgen, maar ook om enthousiasme te creëren bij stakeholders. Omdat het onderzoek het doel heeft om innovaties voor de versnelling van de energietransitie te stimuleren, is de actieve betrokkenheid van experts en stakeholders essentieel. De volgende pagina bevat een lijst van alle organisaties die bij dit onderzoek betrokken waren.



De hiernaast vermelde organisaties hebben een bijdrage geleverd aan het onderzoek.

De reflectiebijeenkomst is bijgewoond door:

- André de Boer – RVO
- Chris Kwikkers – ACM
- Claire Groosman – Topsector Energie
- Else Veldman – ETEQ
- Maya van der Steenhoven – Sustainable Scale-Up Foundation
- Michel Emde – Topsector Energie
- Mirjam Davidson – Essent
- Marco Kirsenstein – FME
- Marten van der Laan – Hanzehogeschool Groningen

Separaat zijn ter reflectie Koen Kok (TU Eindhoven) en Edwin Edelenbos (Netbeheer Nederland) gevraagd om hun reactie.

## PRODUCTIE, LEVERING EN OPSLAG



## TRANSPORT EN DISTRIBUTIE



## GEBRUIK



## DIGITALISERING

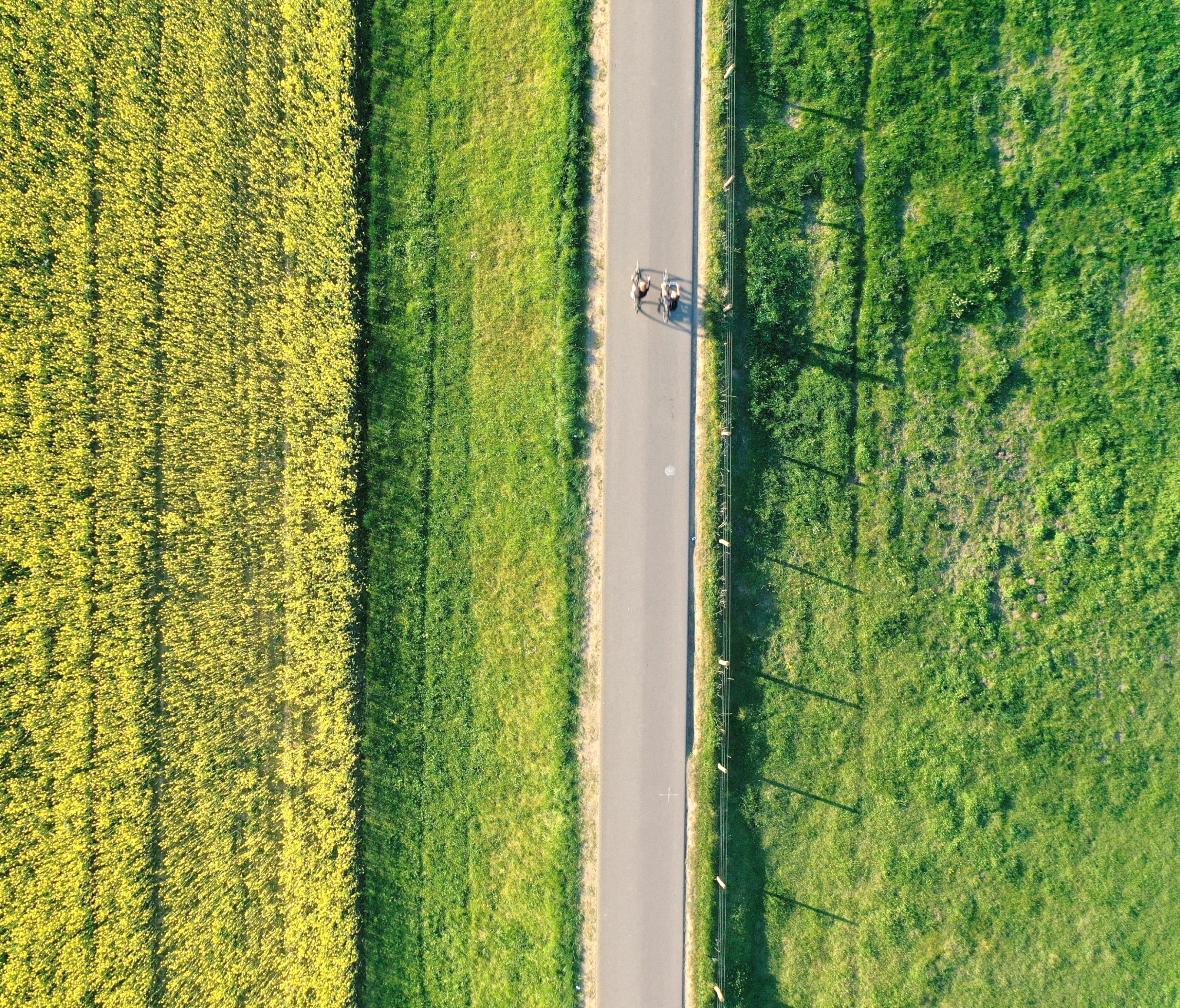


## OVERHEID



## WETENSCHAP





# Bijlagen

# Afkortingen en begrippen

**AC** – De afkorting AC staat voor de Engelse term ‘alternating current’. In het Nederlands kennen wij dit als wisselstroom. Dit is een elektrische stroom met een periodiek wisselende stroomrichting. Deze vorm van elektriciteit wordt via het elektriciteitsnet geleverd aan huishoudens en industrie.

**ACM** – De afkorting ACM staat voor Autoriteit Consument & Markt, de onafhankelijke publieke toezichthouder belast met het toezicht op de mededinging, de telecommunicatie en het consumentenrecht

**AI** – De afkorting AI staat voor de Engelse term ‘Artificial Intelligence’. In het Nederlands kennen wij dit als kunstmatige intelligentie. Kunstmatige intelligentie is beschreven door Andreas Kaplan en Michael Haenlein als het vermogen van een systeem om externe gegevens correct te begrijpen, om lessen te leren van deze gegevens, en om deze lessen te gebruiken om specifieke doelen en taken te uitvoeren via flexibele aanpassing.

**AVG** – De afkorting AVG staat voor Algemene Verordening Gegevensbescherming, de Europese verordening die de regels voor verwerking van persoonsgegevens voorschrijft.

**Curtailement** – Curtailement betekent dat de capaciteit van zonne- en windparken tijdelijk ingeperkt kan worden om behoud van de balans van vraag en aanbod van elektriciteit te ondersteunen.

**V2G** – De afkorting V2G staat voor de Engelse term ‘vehicle-to-grid’. Dit houdt een systeem in waarbij een accu van een elektrisch voertuig elektriciteit ook kan terugleveren aan het elektriciteitsnet in plaats van alleen afnemen.

**DC** – De afkorting DC staat voor de Engelse term ‘direct current’. In het Nederlands kennen wij dit als gelijkspanning. Dit is een elektrische stroom met een constante stroomrichting

**Energyhub** – Hoewel er geen duidelijke definitie bestaat van het woord ‘energyhub’ komt het op het volgende neer: een energyhub is een lokale samenwerking tussen verschillende partijen op het gebied van energieopwek, -opslag, -omzetting en -verbruik. Een mogelijke toepassing hiervan is bijvoorbeeld op bedrijventerreinen.

**EV** – De afkorting EV staat voor elektrisch vervoer. Dit houdt alle voertuigen met een elektrische aandrijving in.

**EZK** – De afkorting EZK staat voor het ministerie van Economische Zaken en Klimaat, dat zich bezig houdt met alle zaken die te maken hebben met de Nederlandse economie.

**Faseonbalans** – Faseonbalans wordt veroorzaakt door een ongelijke verdeling van de spanning tussen fasen van een driefasensysteem. Dit fenomeen kan leiden tot vermogensmindering en schade aan elektrische apparaten en vervolgens uitval.

**Gesloten Distributiesysteem (GDS)** – Een Gesloten Distributiesysteem is een particulier net, afgesloten van het reguliere net en niet beheerd door een regionale netbeheerder (bijv. Enexis)

**(H)EMS** – De afkorting (H)EMS staat voor de Engelse term ‘(Home) Energy Management System’. Dit is een systeem dat je aan je digitale meter koppelt waardoor je uitgebreide informatie ontvangt over jouw energieverbruik. Hierop kun jij vervolgens jouw energieverbruik beter beheren.

**HS** – Hoogspanning

**LAN** – Het Landelijk Actieprogramma Netcongestie (LAN) is gezamenlijk opgesteld door netbeheerders, ACM, medeoverheden, het Rijk en marktpartijen om samen breed te kijken naar landelijke en regionale oplossingen voor netcongestie en te zorgen dat meer bedrijven aangesloten kunnen worden.

**LS** – Laagspanning

**NIMBY-weerstand** – De afkorting NIMBY staat voor de Engelse term ‘Not In My BackYard’, letterlijk ‘niet in mijn achtertuin’. Dit slaat op een vorm van lokale weerstand die mogelijk kan ontstaan door meerdere factoren bij projecten bij mensen in de buurt.

**NFA** – De afkorting NFA staat voor de term ‘non-firm aansluit- en transportovereenkomst’. Dit houdt in dat aangeslotenen (bijvoorbeeld een zonnepark) geen recht op transport zoals normaal gesproken het geval is, maar staat een netbeheerder op basis van een contract deels (in tijd) transport toe.

**MS** – Middenspanning

**Prosument** – Een aangeslotene die een rol vervuld van consument én producent

**PV** – De afkorting PV staat voor de Engelse term ‘photovoltaics’. Dit houdt de omzetting van licht naar elektriciteit in met een zonnecel. Dit proces drijft ook de werking van zonnepanelen.

**SDE** – De Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE) is een subsidie die gebruikt wordt voor grootschalig hernieuwbare energieopwek en de mindering van CO<sub>2</sub>-uitstoot.

**Storingsreserve** – Om de leveringszekerheid van elektriciteit te garanderen wordt er in Nederland een storingsreserve gehanteerd. Deze extra capaciteit draagt bij aan de hoge kwaliteit van het Nederlandse elektriciteitsstelsel. Het systeem is zo ontworpen is dat een enkele storing van een willekeurig netelement niet leidt tot een onderbreking van de levering bij eindgebruikers.

# Bronnenlijst

## Congestiecommunicatie

1. [Californians Do Conserve When Asked – Flex Alerts Are Vital](#) caiso.com
2. [Triad Alerts | Energy Intelligence Centre](#) eic.co.uk
3. [Be power smart](#) citipower.com.au

## Woongebieden lokaal balanceren

1. [Groene Mient, Den Haag](#) spectral.energy
2. [Energy Token Use Case](#) 2tokens.org
3. [The Platform](#) equigy.com
4. [Game-theoretic energy management with storage capacity optimization in the smart](#) springer.com
5. [H2020 Sustenance Project](#) h2020sustenance.eu
6. [Serene](#) h2020serene.eu

## Faseonbalans verminderen

1. [Enexis – Wat is spanningsasymetrie?](#) enexis.nl
2. [HV and LV Phase Imbalance Assessment](#) spenergynetworks.co.uk
3. [Investeringsplan 2023-2032](#) p.94 fluvius.be
4. [Netcode Elektriciteit](#) overheid.nl
5. [Unbalanced load 3-phase grid](#) smart-emotion.de
6. [E-Mobilität](#) bundesnetzagentur.de

## Autonoom decentraal ingrijpen op het LS-net

1. [Gridshield – optimizing the use of grid capacity during increased EV adoption](#) mdpi.com
2. [How your power company can remotely control your smart thermostat](#) vox.com

## Dynamische capaciteitsplanning en –handel

1. [Landelijk Actieprogramma Netcongestie](#) slimmetstroom.com
2. [GOPACS](#) gopacs.eu
3. [Real Time Interface](#) netbeheernederland.nl

## Flexibiliteit faciliteren bij bedrijven(-terreinen)

1. [Eerste bedrijvenpark in Nederland lost eigen netwerkcongestie op met Energy hub](#) TW.nl
2. [Blauwdruk voor het realiseren van Energy Hubs](#) Eigen-energyhubs.nl

## Toepassen gelijkspanning

1. [Wat je moet weten over gelijkspanning](#) tudelft.nl
2. [Target Grid](#) tennet.eu
3. [Codeteksten houden geen rekening met DC-net op bedrijvenpark Lelystad](#) energiea.nl
4. [Ontwerp-Programma Energiehoofdstructuur](#) rijksoverheid.nl

## Benutten andere elektriciteits-infrastructuur

1. [Bovenleidingen als oplossing voor het overvolle elektriciteitsnet](#) ovpro.nl
2. [Stopcontact op het spoor: gebruik het OV-net voor gelijkstroom](#) energiea.nl
3. [Switching to Renewables: Germany Explores Using Train Lines as a Power Grid](#) spiegel.de
4. [Graz University to analyze charging via rail](#) electrive.com
5. [Wat je moet weten over gelijkspanning](#) tudelft.nl
6. [Straatverlichting op gelijkspanning succesvol](#) kivi.nl
7. [Slim lokaal energienetwerk met groeipotentieel voor](#)

[bedrijvenpark Apeldoorn](#) firan.nl

8. [Railbedrijf RET kan elektriciteitshub worden voor bussen en auto's](#) tilburguniversity.edu
9. [De juridische randvoorwaarden voor de creatie van een E-OV-HUB](#) tilburguniversity.edu
10. [Elektrische auto laden met verspilde trolleyestroom](#) gelderlander.nl

## Locatiesturing duurzame opwek en opslag

1. [Article 36 en 54 EU Directive Electricity market](#) eur-lex.europa.eu
2. [Artikel 3.31, 3.32 en 3.33](#) tweedekamer.nl
3. [Marktscan elektriciteitsopslag](#) acm.nl
4. [TenneT ziet grote rol voor batterijen voor stabiel elektriciteitsnet 2030](#) tennet.eu

## Off-grid elektriciteitstransport

1. [ZESpack](#) zeroemissionservices.nl
2. [Schoon & Emissieloos Bouwen](#) opwegnaarseb.nl

## Zwermoptimalisatie in elektrisch laden

1. [Smart swarming](#) asknature.org
2. [Flexpower3](#) hva.nl

## Alternatieve storingsreserve

1. [Netcapaciteit](#) netbeheernederland.nl
2. [Codebesluit enkelvoudige storingsreserve](#) acm.nl

# Longlist oplossingen (I)

OPLOSSING	BESCHRIJVING KORT
Smart Energyhubs	Een integrale en gebiedsgerichte aanpak d.m.v. slimme combinaties van opwek, opslag en conversie van energie
Edge Computing	Een aspect van smart grids waarbij dataverwerking en -opslag plaatsvindt dichtbij de bron van de gegevens, in plaats van een centrale locatie (bv. de cloud) t.b.v. de verwerkingscapaciteit van data en de dataprivacy
Global super grid	Een globaal geïntegreerd elektriciteitsnet zou kunnen bijdragen aan de benodigde integrale samenwerking
Achter-de-meter aansluiting	Zelfconsumptie van elektriciteit zonder teruglevering aan het net (toepassing van curtailment in het geval dat de opwek groter is dan het verbruik)
Directe Lijn	Rechtstreekse levering van elektriciteit van een producent aan een afnemer
Vehicle-to-grid (V2G)	De inzet van elektrische voertuigen als opslagmedium voor elektriciteit
Slim Laden	"Slimme" inzet van technologie om oplaadtijden en laadsnelheden aan te passen aan omgevingsfactoren om het energieverbruik te optimaliseren
Zon op dak	Zonnepanelen op de daken van KV'ers en GV'ers
Home Energy Management System (HEMS)	Inzet van technologie om het energieverbruik in huishoudens te beheren en te optimaliseren
Gamified consumer app	Een interactieve app om consumenten te stimuleren beter om te gaan met duurzaamheid in hun woningen/werk.
Dynamisch terugleveren	Flexibele transportbeperkingen voor opwekinstallaties om overbelasting te voorkomen
Power-to-heat (P2H)	Conversie van elektriciteit in warmte (op verschillende schalen) afhankelijk van de beschikbaarheid van duurzame energie en netcapaciteit

OPLOSSING	BESCHRIJVING KORT
AI learning agent	Inzet kunstmatige intelligentie in de vorm van een "learning agent" die het gedrag van elke consument leert om de netplanning vooruitstrevender te maken
Inperken slimme apparatuur achter de meter door netbeheerder (niet-laadinfra)	Om netcongestie tegen te gaan worden aangesloten door netbeheerders afgeschakelen of gelimiteerd
Afschakelbare AC5	Een afschakelbare afsluiting voor aansluitingen die enkel elektriciteit terugleveren aan het net
Smart valves	Inzet op afstand bedienbare kleppen in verwarmings-, ventilatie-, airconditionings- en waterleidingssystemen t.b.v. efficiënter energieverbruik
Smart cable guard	Inzet van een elektronisch apparaat dat wordt gebruikt om hoogspanningskabels te bewaken en te beschermen tegen beschadiging en storingen
Slimme trafo's	Slimme transformatoren om voor stabiele stroomvoorziening te zorgen.
Smart Lighting System	Inzet Internet of Things om slimmere om te gaan met verlichting en dus het energieverbruik
Power-over-Ethernet (PoE)	Inzet van technologie om stroom en data te leveren over een standaard ethernetkabel
Grootschalig Wireless power transfer	Grootschalige inzet van draadloze elektriciteitstransport
Dynamische tapchanger	Aansluitingen op de transformator ("transformator taps") worden gewijzigd om de transformatorverhouding aan te passen om daarmee de uitgangsspanning te veranderen
Energy recovery systems	Inzet van technologie om de terugwinst van energie te waarborgen en daarmee de efficiëntie van processen te verhogen

De hier opgenomen longlist oplossingen bevat de oplossingen die zijn gevonden tijdens het onderzoek, als onderdeel van de inventarisatie (zie methodologie). Ze variëren in abstractie, aard en bekendheid. In het vervolg van het onderzoek is een keuze gemaakt welke oplossingen nader uit te werken. Indachtig het doel van het onderzoek – verkennen en inspireren – nemen we hier de volledige lijst op.

## Longlist oplossingen (II)

OPLOSSING	BESCHRIJVING KORT
Buurt Batterij	Lokale energieopslag voor woonwijken en/of buurten d.m.v. grote batterijsystemen
Thuis Batterij	Lokale energieopslag voor individuele aangeslotenen d.m.v. batterijsystemen
Grid Batterij	Energieopslag d.m.v. batterijsysteem voor het oplossen van vraag- en aanbodproblematiek
Slimme Batterijen	Energieopslag d.m.v. batterijsystemen uitgerust met intelligente software en sensoren die het energiebeheer regelen
Battolyser	Efficiente combinatie van batterij en electrolyser.
Ondergrondse waterstof opslag	Inzet resterende capaciteit voor ondergrondse opslag van waterstof
Vliegwiel opslag	Energieopslag d.m.v. vliegwielen
Superconducting magnetic energy storage (SMES)	Energieopslag d.m.v. "superconducting magnetic energy storage" (SMES)
Supercondensator/ultracondensator	Energieopslag d.m.v. super- of ultracondensator
PSH (Pumped Storage Hydropower) – Energieopslagmeer of opslagbekken	Energieopslag d.m.v. waterkracht middels energieopslagmeren en/of opslagbekken
PSH - Uitbreiding koppeling buitenlandse waterkrachtcentrale	Energieopslag d.m.v. waterkracht middels uitbreiding koppeling buitenlandse waterkrachtcentrale
PSH - Ondergrondse waterkrachtcentrale	Energieopslag d.m.v. waterkracht middels een ondergrondse waterkrachtcentrale
E-houses (middenspanningsstations)	Inzet van prefab mobiele middenspanningsstations
Schone aggregaten ipv storingsreserve	Inzet schone aggregaten o.b.v. groen gas en/of accu's om reserves te verminderen
Netcomponenten zwaarder belasten	Netcomponenten zullen zwaarder worden belast - begrijpende dat deze sneller zullen verouderen met als mogelijk gevolg dat er een hogere onderbrekingsfrequentie ontstaat - om zo meer transportcapaciteit te ontsluiten
Energieweerbericht	Gedragbeïnvloeding ten aanzien van gebruik d.m.v. een "weerbericht"

OPLOSSING	BESCHRIJVING KORT
CAES - Ondergrondse persluchtopslag	Energieopslag d.m.v. ondergrondse perslucht
CAES - Bovengrondse persluchtopslag (containers)	Energieopslag d.m.v. bovengrondse perslucht
Opslag in warme stenen	Energieopslag d.m.v. warme stenen om vervolgens een stoomturbine aan te drijven en (opnieuw) elektriciteit te produceren
Grondbatterij/cavernebatterij	Energieopslag d.m.v. het vullen van cavernes met twee verschillende elektrolyten om een redox-flow accu te creëren
Power-to-Fuel - Waterstof	Conversie van elektriciteit in waterstof gebruikmakend van resterende capaciteit bij een lage benuttingsgraad en/of elektriciteit van wind- en zonneparken bij een gebrek aan transportcapaciteit
Power-to-Fuel - Methaan (synthetisch aardgas)	Conversie van elektriciteit in methaan gebruikmakend van resterende capaciteit bij een lage benuttingsgraad en/of elektriciteit van wind- en zonneparken bij een gebrek aan transportcapaciteit
Power-to-Fuel - Ammoniak	Conversie van elektriciteit in ammoniak gebruikmakend van resterende capaciteit bij een lage benuttingsgraad en/of elektriciteit van wind- en zonneparken bij een gebrek aan transportcapaciteit
Power-to-Fuel - Methanol	Conversie van elektriciteit in methanol gebruikmakend van resterende capaciteit bij een lage benuttingsgraad en/of elektriciteit van wind- en zonneparken bij een gebrek aan transportcapaciteit
Batterij transportkosten verwijderen	Verlagen/verwijderen van batterij transportkosten voor grote gebruikers om business case mogelijk te maken.
Gesloten Distributie Systemen/Microgrid	Een privaat net die geen deel uitmaakt van het openbare net
Cable Pooling	Optimale benutting van beschikbare transportcapaciteit door het koppelen van opwekinstallaties op zon en wind
Structurele uitbreiding	Structurele uitbreiding d.m.v. integrale samenwerking tussen de regionale netbeheerders, landelijke netbeheerder, gemeenten en RES-regio's

## Longlist oplossingen (III)

OPLOSSING	BESCHRIJVING KORT
Solar Tracker	Rendementsverhoging voor zonneparken d.m.v. tracking-technologie waardoor de capaciteit beter benut wordt
Dynamic Line Rating (DLR)	Dynamic Line Rating (DLR) biedt een vergrote stroomcapaciteit in de transmissielijn capaciteit met behoud van de prestaties van de bestaande apparatuur door rekening te houden met de werkelijke omgevingsomstandigheden en de lijn karakteristieken
Afsprakenstelsel over ontsluiten van aanvullende meetdata voor System Operations	Aanvullende meetdata zou de netbeheerder ondersteunen in hun capaciteiten om netcongestie vroegtijdig te detecteren en tegen te gaan in een integraal systeem
Advanced Metering Infrastructure (AMI)	Advanced Metering Infrastructure (AMI) maakt gebruik van slimme meters om energieverbruiksgegevens te verzamelen, beheren en analyseren
Open Source Advanced Distribution Management System	Open Source ADMS wordt gebruikt om een nieuwe aanpak te verkennen voor management en controle van distributienetten van de netbeheerders
Building Information Modelling (BIM)	Een bouwwerkinformatiemodel is een digitaal model van een bestaande en/of geplande constructie, opgebouwd uit objecten waar informatie is gekoppeld om de energieconsumptie te optimaliseren en te monitoren
Predictive Maintenance	Inzet van het Internet of Things om onderhoud aan de infrastructuur te voorspellen
Digital Twinning	Geavanceerd simuleren van het net systeem om nieuwe concepten en parameters te testen en tweakken.
Game theory in lokaal energiegebruik en opslag	De toepassing van game theory zou het verbruik, opslag en teruglevering van lokaal opgewekte energie kunnen optimaliseren
Pieken aftoppen	Curtailment bij variabele energieopwekinstallaties (zoals bijv. een zonnepark)
Flex Alert	Berichtgeving aan aangeslotenen met het verzoek op een bepaald moment minder te gebruiken (vrijwillig)
PlexiGrid	Direct sturen op (het flexibele deel van de) belasting van aansluitingen. Software-oplossing voor TSO en DSOs om voorspellingen te maken en dynamische net-tarieven te communiceren aan klanten, en voor klanten om daarop te reageren.

OPLOSSING	BESCHRIJVING KORT
Regulatory Sandbox	Bieden van ruimte om te experimenteren buiten de geldende wetgeving om nog niet toegestane oplossingen te toetsen
Flexibiliteit/GOPACS	Prijsmechanismen en marktwerking kunnen worden gebruikt om vraag en aanbod van energie te sturen en congestiemanagement toe te passen om tijdelijk meer transportcapaciteit in het net vrij te maken
Verzwaren-tenzij of flexibiliteitstender	Een algemene uitvraag naar flexibiliteit van de netbeheerder wordt ingezet t.b.v. netcongestiemanagement
Blockchain Technology	Inzet Blockchain om eindgebruikers beter met het net te verbinden (bijv. d.m.v. direct energiehandel i.p.v. inkoop bij detailhandelaren)
Peer-to-peer Energy Trading	De ontwikkeling van een virtuele marktplaats die partijen in staat stelt energie te kopen of te verkopen, zelf prijs- en volumerisico's te beheren en de traditionele rol van de energiekleinhandelaar te optimaliseren
Financiële incentives	Minder energiegebruik financieel belonen
Risicobevorderende vergoeding	Aanpassing van vergoedingsprogramma om innovatie binnen het oplossen van netcongestie te stimuleren door risicovolle pilots te financieren.
Splitsen van de NL biedzone	Splitsen van de huidige Nederlandse biedzone waardoor er een stimulans m.b.t. het energieverbruik ontstaat
Interconnection Standards	Update van de interconnection standaarden aan de hand van nieuwe technologische ontwikkelingen die impact hebben op het net
Smart thermal grid (STG)	Inzet van technologie om de distributie en opslag van warmte te optimaliseren
Wijk Energielabel	Een wijk energielabel kan helpen door inzicht te geven in de energieprestaties van de gebouwen in een wijk. Met deze informatie kunnen netbeheerders beter anticiperen op piekmomenten in het energieverbruik en de benodigde capaciteit van het energienetwerk beter inschatten, wat kan leiden tot gerichte investeringen in infrastructuur of stimuleringsmaatregelen
Zonal-to-zonal/Zonal-to-nodal	Transformatie van het EU-tarievenstelsel van 'zonal pricing', naar een kleinere granulariteit 'zonal' dan de huidige situatie of zelfs 'nodal' (per knooppunt)

# Longlist oplossingen (IV)

OPLOSSING	BESCHRIJVING KORT
Tijdsgebonden Capaciteit bij Transportbeperking (TCT) Non-firm ATO/CBC	TCT is een oplossing waarbij een klant met een transportbeperking toegang krijgt om elektriciteit te verbruiken en/of terug te leveren gedurende vooraf vastgestelde tijdsvensters
Spatiotemporale arbitrage	Inzet mobiele energiearbitrage d.m.v. elektrische trucks (als aanvulling op een zonal-to-nodal-transformatie)
Open access transmission	Open Access Transmission (OAT) is een aanpak waarbij transmissiesystemen open staan voor alle marktdeelnemers. Dit betekent dat externe partijen, zoals elektriciteitsproducenten en -distributeurs, toegang hebben tot het elektriciteitsnetwerk om hun energie te leveren aan eindgebruikers
Slim Energie Delen. Lokaal (woonwijken) duurzame opwek delen en gebruiken	Door (via energiecoöperaties) grootschalig duurzame opwek te realiseren in een woonwijk kan een wijk voor een veel groter deel voorzien in eigen elektriciteitsbehoefte
Energiecoöperaties als partner in congestieproblemen	Door het bijeenbrengen van groepen gebruikers die bereid zijn hun energiegebruik op elkaar en op het netwerk van de regionale netbeheerder af te stemmen, kunnen energiegemeenschappen belangrijke ketenpartners worden voor netbeheerders in het beheren van hun netten
Internationaal technische benchmark	Een internationaal kader dat de prestaties van nationale elektriciteitsnetten beter beoordeelt om international concurrentie te stimuleren.
Party Syntegration (Sector Coupling)	Gebruikmakend van de overlegmethode Malik SuperSyntegration om een integrale samenwerking te bewerkstelligen
Reserve capaciteit inzetten	Inzet reservecapaciteit
Transformatie verstandhouding tussen de netbeheerder en aangeslotenen (proactieve communicatie)	Proactieve communicatie van de netbeheerders zal een gedragsverandering van aangeslotenen teweeg moeten brengen om de benutting van het net te optimaliseren

OPLOSSING	BESCHRIJVING KORT
Programmatische aanpak systeemintegratie voor lokale initiatiefnemers	Oplossingsrichting die voortkomt uit bevindingen ten aanzien van het werken aan systeemintegratie door netbeheerders, overheden en lokale initiatiefnemers
Uitrol 'NBNL Real-time Interface' (na eerste focus opwekkers 1-50MW): integrale afstemming netbeheerders en marktpartijen	De afstemming tussen netbeheerders en marktpartijen zal nog integraler gemaakt kunnen worden door de uitrol van het NBNL Real-time Interface
Privatisering net (componenten)	Privatisering van het elektriciteitsnetwerk kan helpen bij het verminderen van net congestie door middel van investeringen in infrastructuur en meer concurrentie op de energiemarkt
Doelgerichte uitbreiding van het net	Met (voorspellings)data de optimale keuzes maken m.b.t. de uitbreiding van het net
Capaciteitsstudies voor locatiebepaling invoeding	Dergelijke studies helpen om de beste locatie te vinden voor invoeding van duurzame opwek, geredeneerd vanuit de belasting op het net. Andersom gebruikt kan het helpen om probleemlocaties te identificeren en in combinatie met voorgenomen projecten kan het helpen te prioriteren.
GridShield	Autonome en decentrale aansturing van laadpalen als de lokale trafo overbelast is
Voorkomen congestie in storingsituaties	D.m.v. slimme ingrepen (bijv. afschakelen van bepaalde type gebruikers) congestie in storingsituaties voorkomen
Virtual power plants/DER sturing	Centrale coördinatie van decentrale energiebronnen waardoor deze gezien kan worden als één grote en virtuele energiecentrale
AI operation	Inzet van kunstmatig intelligentie t.b.v. optimaliseren energievraag en -aanbod



## CONTACT

### Hoofdkantoor

Poortweg 4d                      Postbus 270  
2612 PA DELFT                2600 AD DELFT  
+31 15 751 1600                [www.stantec.com/nl](http://www.stantec.com/nl)

KVK Haaglanden 27 18 43 23 23  
BNP Paribas 22 76 53 920  
IBAN NL75BNPA0227653920  
BIC BNPANL2A  
Stantec is ISO 9001:2015, 14001:2015,  
45001:2018 en VCA\*\*-gecertificeerd

Onder het motto 'design with community in mind' bundelt Stantec de kracht van 28.000 medewerkers, werkend op zes continenten.

Onze missie in Nederland is het bevorderen van een goede samenwerking tussen overheden, bedrijven en burgers. We adviseren over beleid, regels, risico's en het structureel borgen en aantonen van de naleving hiervan. Dit doen we op zowel strategisch- als uitvoeringsniveau. Zo borgen we dat onze adviezen hout snijden en daadwerkelijk het verschil maken in uw organisatie.

We doen dit doelgericht en integer. Door altijd te werken vanuit concrete doelen naar praktische oplossingen. **Daarbij zijn we anders dan anderen.** Vooral door onze innovatiekracht en ons vermogen om veranderingen tot stand te brengen. Duurzame, gedragen oplossingen, daar gaat het om. Hiervoor maken we gebruik van onze specialiteit: het slim gebruikmaken van bestaande data.

