

Regionale koppeling opwek hernieuwbare energie en afname OV en Spoor

Verkenning en ontwikkeling kansenkaart

Testcases: regio Arnhem-Nijmegen en regio West Brabant



In opdracht van projectgroep Energievoorziening, Platform Duurzaam OV en Spoor

Versie 24 november 2021, ter bespreking overleg projectgroep 30 november 2021



Managementsamenvatting

In opdracht van Projectgroep Energievoorziening (PDOVS) is een verkenning gedaan met als achterliggende vraag waar kansen liggen voor het regionaal invullen van de toekomstige vraag naar hernieuwbare energie vanuit OV en spoor. De hypothese is dat een regionale ‘kanskaart’, waarbij relevante geo-informatie omtrent opwek, afname en elektriciteitsnet is samengebracht, belanghebbende partijen kan helpen bij het beantwoorden van deze vraag.

In hoofdstuk 2 is geschetst hoe en waar de vraag naar energie vanuit verschillende type voertuigen zich kan manifesteren. Daarbij spelen onzekerheden omtrent toekomstige laadstrategie en de ontwikkeling van waterstof als alternatief voor batterij-elektrische voertuigen. Voor de grootschalige opwek van elektriciteit met zon en wind is er in de energieregio’s een ambitie die optelt tot meer dan 35 TWh. De ambitie voor het gebruik van regionaal opgewekte hernieuwbare energie voor bussen (BAZEB) vertaalt zich in een deel van de concessies niet naar een eis in de aanbesteding.

Eén vorm van koppelen van opwek en afname is koppeling via het elektriciteitsnet. Daarbij kan een regionale koppeling administratief worden geregeld via GvOs. Netinpassing vormt hierbij een steeds grotere uitdaging, ook aan de afname kant. Het vinden van geschikte laadlocaties wordt hierdoor steeds complexer. Een andere vorm van koppeling is directe lokale koppeling tussen bron en punt van afname, waarbij geen zware netaansluiting nodig is.

In hoofdstuk 3 zijn testcases van de kanskaart voor de regio’s Arnhem-Nijmegen en West Brabant geïntroduceerd. Hierin is beschikbare informatie¹ samengebracht en is voor enkele scenario’s (2021, 2025, 2030 / waterstof, batterij-elektrisch) de vraag naar locaties in de regio toegerekend. Hiermee wordt een aantal mogelijke kansen voor koppeling zichtbaar.

In gesprek met betrokkenen is, op basis van de testcases, verkend wat bepalend is bij dergelijke kansen en wat de waarde is van de kanskaart (hoofdstuk 4).

Over de vraag waar kansen voor koppeling liggen is in hoofdstuk 5 geconcludeerd dat de hernieuwbare energiebehoefte voor OV en spoor in principe met gemak ingevuld kan worden met regionale opwek. De focus is door concessieverleners, vervoerders en netbeheerders met name gelegd op netinpassing van toekomstige laadlocaties. De mogelijkheid van een directe koppeling wordt herkend, zoals bijvoorbeeld bij hubs (bus) of kleine zonnevelden langs spoor, maar het verplaatsen van laadlocaties om directe koppeling mogelijk te maken is geen drijfveer. Er wordt meestal geen expliciete integrale afweging van maatschappelijke kosten van verzwaring van het net en exploitatie van de OV concessie gemaakt.

De gesprekken met een kanskaart hebben betrokkenen geholpen anders te kijken naar het koppelen van opwek en afname. Tegelijkertijd is de waarde van de kaart afhankelijk gebleken van timing (nieuwe concessie), en focus en eisen in een aanbesteding. De beschikbaarheid van goede data van opweklocaties en netcongestie is een aandachtspunt gebleken. Er is behoefte aan inzicht in geschikte laadlocaties en prognoses van de vraag vanuit bus. De gebruikte methodiek, met aan te passen scenario’s in kaartvorm, kan daar aan bijdragen.

Het is aan te bevelen om te verkennen of het gebruik van regionale hernieuwbare energie als eis in aanbestedingen moet komen. Advies is ook om in afstemming met Elaad het landelijk beeld voor de energievraag voor OV bus te completeren. Ontwikkelen kanskaarten voor andere regio’s pas als bepaalde randvoorwaarden zijn ingevuld.

1: informatie over netcongestie is niet tijdig beschikbaar gesteld

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	2	4. Verkennen regionale koppeling (vervolg)	
1. Inleiding	4	4. Directe koppeling: enkele kansrijke locaties	22
1.1. Achtergrond	4	5. Directe koppeling: wat is leidend?	22
1.2. Doel en vraagstelling	4	6. Directe koppeling: opslag als randvoorwaarde	22
1.3. Over dit document	5	7. Directe koppeling: randvoorwaarden regionaal spoor	23
1.4. Voor wie is dit document bedoeld?	6	8. Directe koppeling: hubs	23
1.5. Leeswijzer	6	9. Concessies en de rol van de concessieverlener	24
2. Koppeling in perspectief	7	10. Onzekerheid ontwikkeling waterstof	25
2.1. Afname hernieuwbare energie	8	11. Algemene constatering testcases	25
2.2. Opwek hernieuwbare energie	9	5. Conclusies en aanbevelingen	26
2.3. Fysieke koppeling afname en opwek	10	4. Conclusies: kansen voor koppeling	27
2.4. Koppeling door afstemming in de tijd	11	5. Conclusies: kanskaart en belanghebbenden	28
2.5. Focus kanskaart	12	6. Aanbevelingen	29
3. Kansen identificeren	13	Bijlagen	30
3.1. Introductie kanskaart	14	A: Totstandkoming	31
3.2. Testcase Arnhem-Nijmegen	15	B: Toelichting gebruik kanskaart	33
3.3. Testcase West Brabant	17	C: Ontwikkeling model en kanskaart	34
4. Verkennen regionale koppeling	19	D: Beeld transport schaarste elektriciteitsnet	38
4.1. Algemeen beeld vraag en aanbod	20		
4.2. Afname regionaal opgewekte energie?	20		
4.3. Koppeling via het distributienet: inpassing	21		

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

Ambities

In de trein op weg naar de VN-klimaatconferentie in Parijs (2015) is door twaalf partijen de ambitie voor CO₂-neutraal openbaar vervoer (OV) en spoor in 2050 uitgesproken. Deze is uitgewerkt in de 'CO₂-visie OV en Spoor 2050'. Om die visie te realiseren zijn onder regie van **Platform Duurzaam OV en Spoor** (PDOVS) een zevental transitiepaden uitgewerkt, gericht op kennisontwikkeling en samenwerking.

In 2016 is door de Nederlandse concessieverleners het **Bestuursakkoord Zero Emissie Busvervoer** (BAZEB) ondertekend. Daarin worden de volgende doelen benoemd:

1. Instroom nieuwe bussen 100% emissievrij aan de uitlaat vanaf 2025
2. 100% van de vloot vervangen door emissievrije voertuigen in 2030
3. Uiterlijk 2025 100% gebruik van hernieuwbare energie of brandstof, die met het oog op economische ontwikkeling zoveel mogelijk regionaal wordt opgewekt

In 2019 hebben veel organisaties en bedrijven in Nederland afspraken gemaakt in het **Klimaatakkoord** over hoe de uitstoot van broeikasgassen tegen te gaan. Als uitvloeisel daarvan werken overheden, inwoners, bedrijfsleven, netbeheerders en maatschappelijke organisaties binnen dertig Energieregio's in Nederland samen aan een **Regionale Energie Strategie** (RES). Daarin werken ze (onder andere) aan de ambitie voor 2030 omtrent grootschalige hernieuwbare opwek van elektriciteit middels zon en wind op land en vertalen dat in mogelijke locaties en technische, organisatorische en maatschappelijke randvoorwaarden.

De **Nationale Agenda Laadinfrastructuur** (NAL) is een onderdeel van het klimaatakkoord. Het is een meerjarige beleidsagenda met ambities en acties om een dekkend, betrouwbaar en toekomstbestendig laadnetwerk en energiesysteem te realiseren. Markt, overheid en netbeheer werken nauw samen en ondersteunen gemeenten en regio's.

Aanleiding

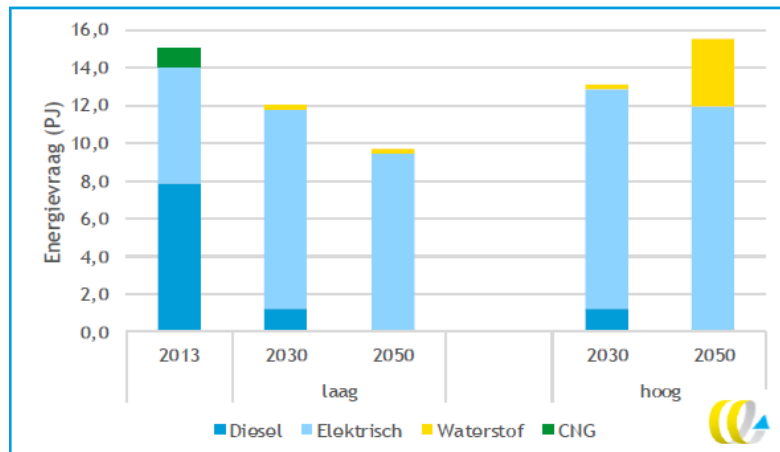
Eén van de transitiepaden van PDOVS betreft het verduurzamen van de energievoorziening voor OV en Spoor. Eind 2020 is het onderzoeksrapport Duurzame energievoorziening voor OV en spoor vastgesteld, waarbij één van de aanbevelingen om een 'kansenkaart lokale opwek OV en Spoor' op te stellen. Die aanbeveling vormt de directe aanleiding voor deze verkenning.

1.2 Doel en vraagstelling

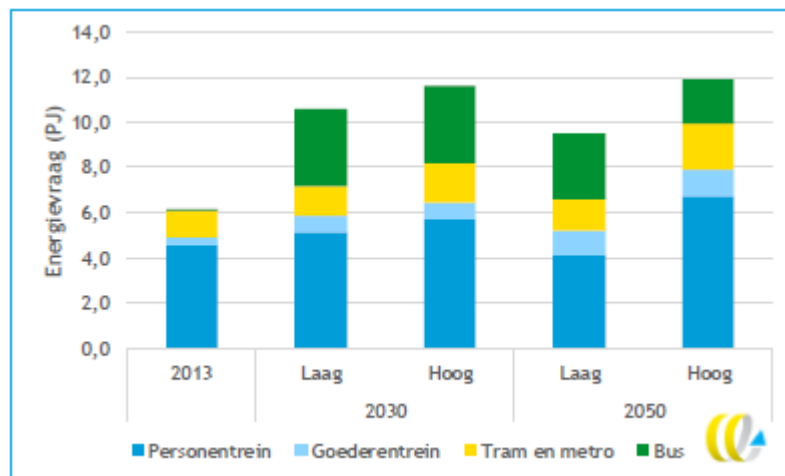
Groeiende vraag naar hernieuwbare energie

De vraag naar hernieuwbare energie voor OV en Spoor zal richting 2030 toenemen van ca. 6 PJ naar ca. 11 tot 12 PJ (zie figuur 1 en 2), afhankelijk van de groei van het vervoer per OV en spoor, de verwachte ontwikkeling van de energie efficiëntie en de transitie van diesel- en gasvoertuigen naar zero-emissie (ZE) voertuigen (elektrisch of waterstof).

Die groei in vraag zit met name bij de bussen, waarvan de vloot de komende jaren bij elke nieuwe concessie een stap in de transitie zal maken. Waar er op dit moment, eind 2021, ca. 1300 ZE-bussen zijn, ligt dit aantal in 2030 naar verwachting tussen de 4100 en 4950 ZE-bussen. Maar ook voor spoor, tram en metro wordt een groei in de vraag naar hernieuwbare elektriciteit verwacht.



Figuur 1. Totale energievraag OV en Spoor tot 2050 per brandstof. Bron: CE Delft, 2019



Figuur 2. Totale energievraag elektriciteit OV en Spoor tot 2025 per segment. Bron: CE Delft, 2019

Uitdagingen en kansen

Met die groeiende vraag ontstaat er een aantal uitdagingen voor de realisatie van een volledig hernieuwbare energievoorziening voor OV en Spoor:

- **Energiebehoefte invullen:** hoe de groeiende vraag vanuit OV en Spoor in te vullen met hernieuwbare, regionale bronnen?
- **Inpassing energiesysteem:** hoe te zorgen dat de groeiende vraag van hernieuwbare energie door OV en Spoor is in te passen in een stabiel en betaalbaar energiesysteem tegen aanvaardbare (maatschappelijke) kosten?
 - Binnen de grenzen van de transportcapaciteit van het elektriciteitsnet
 - Rekening houdend met een groeiend aandeel hernieuwbare bronnen met een fluctuerend aanbod (zon en wind)?

In de zomer van 2021 is in de meeste energieregio's een RES 1.0 opgeleverd. Die geven per energieregio inzicht in ambitie en (mogelijke) locaties voor **grootschalige hernieuwbare opwek** van elektriciteit. Tegelijkertijd is de relatie met de vraag vanuit OV en Spoor nog niet of nauwelijks gelegd en verkend. Dat biedt mogelijk kansen.

Vraagstelling en hypothese

De achterliggende vraag voor deze verkenning is: "Waar liggen kansen voor het invullen van de toekomstige vraag naar hernieuwbare energie vanuit OV en regionaal spoor¹ door middel van een koppeling van punten van afname en (regionale) bronnen van hernieuwbare opwek?". De hypothese die we in deze verkenning toetsen is dat een **kansenskaart**, waarbij relevante geo-informatie vanuit verschillende perspectieven is samengebracht, belanghebbende partijen kan helpen bij het (ten dele) beantwoorden van deze vraag.

¹: vanuit de bestuurlijke verantwoordelijkheid van de vervoersautoriteiten in PDOVS is een afbakening op regionaal spoor gemaakt.

1.3 Over dit document

Om onze hypothese te toetsen hebben we voor twee regio's een proefversie van een kansenskaart ontwikkeld, als test-case. We hebben dat gedaan voor de regio's Arnhem-Nijmegen en West Brabant. We hebben daarnaast middels bureauonderzoek de context voor toepassing van de kansenskaart nader onderzocht en vervolgens middels gesprekken met experts en betrokken partijen uit bovengenoemde regio's de kansenskaart en de toepassing ervan verder verkend en gevalideerd. In bijlage A lichten we de totstandkoming nader toe. Deze rapportage geeft een beknopte beschrijving van onze bevindingen, geleerde lessen en conclusies. Verder biedt het concrete handvatten voor (door) ontwikkeling van het instrument 'kansenskaart', eventueel ook voor andere regio's. Er is afgebakend op de vervoerssegmenten *regionaal* spoor, bus, tram en metro, waarbij in de gekozen regio's geen sprake is van tram en metro.

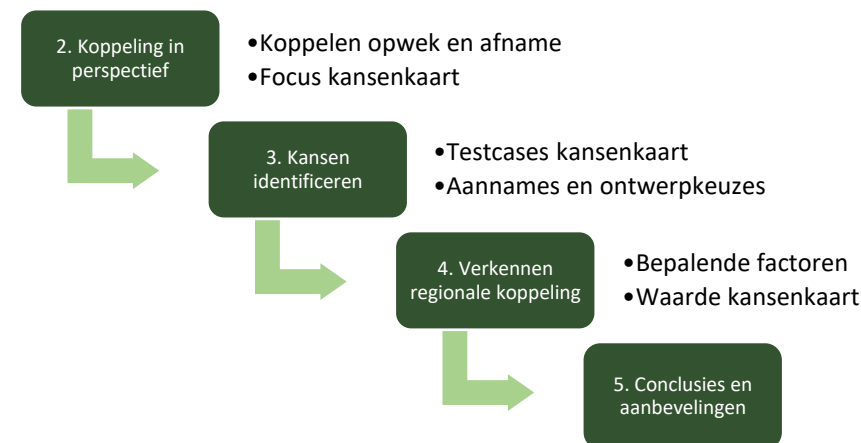
1.4 Voor wie is dit document bedoeld?

Deze rapportage is in de eerste plaats bedoeld voor de leden van de projectgroep Energievoorziening van PDOVS om te kunnen bepalen of, en zo ja, welk vervolg deze verkenning zou moeten hebben.

In de tweede plaats kan deze rapportage interessant zijn ter inspiratie voor partijen die belang hebben bij een (verbeterde) koppeling tussen de vraag naar hernieuwbare energie vanuit OV en Spoor en het aanbod vanuit regionale bronnen, met een goede inpassing in het energiesysteem. Dat kan gaan om vervoerders, concessieverleners, eigenaren/beheerders van infrastructuur voor OV en Spoor, netbeheerders, verantwoordelijken voor de realisatie van de Regionale Energie Strategieën en ontwikkelaars van regionale projecten voor hernieuwbare energie en grootzakelijke afnemers die ook zoeken naar partners voor koppeling en inpassing.

1.5 Leeswijzer

Een kansenskaart is geen doel op zich. Daarom gaan we in het eerste deel van deze rapportage (2. Kansen voor koppeling) eerst nader in op de context en vragen als: waar en hoe zal opwek en afname zich voordoen, welke mogelijkheden zijn er voor het koppelen van opwek en afname en op welk type kansen ligt de focus van de kansenskaart. Dat geeft richting aan het tweede deel (3. Kansen identificeren) waarin we de kansenskaart als instrument introduceren. We brengen in beeld hoe die er voor de regio's Arnhem-Nijmegen en West Brabant uit kan zien en lichten toe welke aannames en ontwerpkeuzes we maakten. In het derde deel (4. Kansen verkennen) bespreken we opgedane inzichten uit gesprekken met betrokkenen: wat zijn bepalende factoren of kansen benut zullen worden en wat betekent dit voor de kansenskaart en de toepassing ervan? We sluiten af met conclusies in relatie tot onze hypothese en geven aanbevelingen voor een eventueel vervolg.



2. Koppeling in perspectief

2. Koppeling in perspectief

We ontwikkelen een instrument om te verkennen waar in de toekomst kansen liggen voor de koppeling van vraag en aanbod van hernieuwbare energie ten behoeve van OV en spoor. Daarvoor gaan we in dit hoofdstuk eerst in op hoe en waar afname en opwek zich in algemene zin voor kunnen (gaan) doen. Daaruit volgt welke vormen een koppeling tussen vraag en aanbod kan aannemen. Dat vertalen we tenslotte naar welk type kansen mogelijk met een kansenkaart kunnen worden geïdentificeerd.

2.1 Afname hernieuwbare energie

Tabel 1 hieronder geeft beknopt per modaliteit weer welke opties er zijn voor een hernieuwbare energievoorziening. Dat vertaalt zich per type energievoorziening naar bijbehorende infrastructuur en mogelijke locaties waar afname van energie kan of moet plaatsvinden, met meer of minder vrijheidsgraden en flexibiliteit.

Energievoorziening Modaliteit	Batterij-elektrisch (accu)	Waterstof (Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV)	Tractienet
Bus	Grootste deel	Nog beperkt	Trolleybussen (Trolley 2.0: i.c.m. accu)
Spoor	In ontwikkeling	In ontwikkeling	Ja
Tram	Nee	Nee	Ja
Metro	Nee	Nee	Ja

Tabel 1. Mogelijkheden hernieuwbare energievoorziening per modaliteit

Batterij-elektrische voertuigen

Bij batterij-elektrische bussen hangt de locatie, het tijdstip, de duur en het vermogen van de afname van energie af van de laadstrategie:

- Bij **opportunity charging** laadt een bus bij op tijdens momenten van halteren in een dienst. Dit gebeurt veelal middels infrastructuur voor snelladen op hoog vermogen. Typische laadlocaties zijn OV knooppunten (zoals stations) en begin- en eindhaltes van een lijn. De dienstregeling geeft weinig flexibiliteit om het hernieuwbare energieaanbod te volgen. Wel geeft overdag laden kans op het benutten van zonne-energie.
- Bij **over-night charging** laden bussen 's nachts in de remise op, op normaal vermogen. Zonne-energie is dan niet beschikbaar, maar de langere laadperiode geeft wel tijd om (slim) te laden op basis van bijvoorbeeld wind en/of waterkracht. Ook kan hernieuwbare energie die overdag is opgeslagen worden benut.
- Bij **in motion charging** laadt een accu van een voertuig op via een bovenleiding. Dit kan via het bestaande netwerk van bovenleidingen (trams, trolleybussen), al vraagt dit wel om een extra lijn bij de bovenleiding. Een bus kan hiermee een deel van de route zonder bovenleiding rijden (Trolley 2.0).

Een combinatie van bovenstaande strategieën is hierbij ook mogelijk.

Bij het (deels) ontbreken van een bovenleiding op een regionaal spoortraject is een batterijtrein mogelijk een duurzaam alternatief is voor een dieseltrein. Op een aantal spoortrajecten zijn voor het najaar van 2021 innovatieve testen aangekondigd¹ met treinen waarvan de batterij, die nu al wordt gebruikt om remenergie in op te slaan, technisch is aangepast waardoor die als een accu kan fungeren om de trein te laten rijden.

¹ : Dit is een samenwerking van Arriva, ProRail, de provincies Overijssel, Gelderland en Friesland en het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en betreft de trajecten Almelo-Hardenberg, Leeuwarden-Harlingen en Leeuwarden-Stavoren en mogelijk Zevenaar-Doetinchem.

Waterstofvoertuigen

In de afgelopen jaren is veel ervaring opgedaan met waterstofbussen. Het aantal bussen in projecten groeit binnenkort van rond de tien naar circa zestig. Er wordt nu kennis ontwikkeld over hoe waterstofbussen in concessies in te zetten. Voor de toepassing van waterstofbussen en verdere ontwikkeling richting meer reguliere toepassing is momenteel wel nog (financiële) ondersteuning nodig. Bussen op waterstof worden vooralsnog gezien als een mogelijke oplossing voor zeer lange omlopen (die moeilijk met elektrische bussen uit te voeren zijn).

Bij het ontbreken van een bovenleiding kan een waterstof trein een volwaardig alternatief zijn voor een dieseltrein. Dat bleek vorig jaar uit proeven die plaatsvonden op het spoor tussen Groningen en Leeuwarden. De verwachting is dat de eerste waterstof treinen over een paar jaar in de reguliere dienstregeling gaan rijden. Voordelen van waterstof zijn onder meer dat het moment van afname (levering) flexibel is, dat de tankinfrastructuur relatief flexibel ruimtelijk is in te passen – er is geen zware netaansluiting nodig – en dat tanken snel gaat.

Tractienet

De tram, metro en een groot deel van de treinen worden via tractienetten van energie voorzien. Die tractienetten kennen een aantal vaste invoedpunten (onderstations) met een beperkte transportcapaciteit waar energie (in motion) van het net of van andere bronnen wordt afgenomen. Met de dienstregeling liggen daarmee locatie, tijdstip en (maximaal) vermogen van afname van het goeddeels vast, tenzij er een koppeling wordt gemaakt met een stationaire opslagfaciliteit.

2.2 Opwek hernieuwbare energie

Hernieuwbare energie is energie afkomstig van natuurlijke bronnen die constant worden aangevuld. Wat betreft elektriciteit kan dit energie zijn uit bijvoorbeeld wind, waterkracht, zon en getijdenstroming. De vraag waar die elektriciteit wordt opgewekt is zowel in het kader van het Klimaatakkoord als de BAZEB doelen relevant. Op dit moment wordt veel hernieuwbare energie ingekocht elders in Europa (vb. waterkracht uit Noorwegen).

Nederland heeft een ambitie om in 2030 49 TWh op te wekken in de vorm van wind op zee. Daarnaast hebben dertig energieregio's in Nederland een Regionale Energie Strategie (RES) opgesteld waarin onder andere de ambitie voor grootschalige opwek van elektriciteit uit zon en wind op land en zon op dak (grotere vermogens) is uitgewerkt, opgeteld ten minste 35 TWh. Voor bestaande projecten en projecten die in ruimtelijke procedures zitten zijn de opweklocaties bekend. Daarnaast is er een aantal zoekgebieden vastgesteld. Daarbinnen kunnen projecten op concrete locaties tot ontwikkeling komen, maar dat is geen uitgemaakte zaak. Het is daarom van belang de ontwikkeling van nieuwe grootschalige opwek te stimuleren.

In lijn daarmee zijn OV-autoriteiten het er over eens dat de BAZEB doelstelling “...zoveel mogelijk regionaal wordt opgewekt.” in elk geval betekent dat opwek in Nederland moet plaatsvinden. Een deel van hen vindt bovendien dat opwek regionaal moet plaatsvinden (zie tabel 2), waarbij het verschilt of de grenzen van de concessie, de energieregio of de provincie worden gehanteerd.

Bijdrage aan beleid Bron opwek	Klimaat akkoord	BAZEB
Elders Europa	Deels	Nee
Nederland	Ja	Ja/Nee
Regionaal	Ja	Ja

Tabel 2. Bijdrage aan beleid van ingekochte energie per locatie van herkomst

2.3 Fysieke koppeling afname en opwek

De vraag is nu hoe we afname en opwek van hernieuwbare energie in de toekomst aan elkaar koppelen. We onderscheiden twee vormen¹ voor het fysiek koppelen van afname en opwek van hernieuwbare elektriciteit, die ook in combinatie mogelijk zijn:

- A. Directe koppeling zonder aansluiting op het regionale distributienet
- B. Koppeling via het regionale distributienet

A. Directe lokale koppeling

Opwek eigen assets - Een mogelijkheid voor directe fysieke koppeling is om op eigen terrein energie op te wekken. Dit gaat (vooral) om zon op dak. Van de PDOVS-partijen heeft ProRail het grootste potentieel op haar assets met 220 GWh (0,8 PJ) per jaar. De elektriciteitsvraag in de sector is vandaag 6 PJ en groeit naar mogelijk 12 PJ in 2050. 0,8 PJ betekent dan 13% respectievelijk 7%.

Koppeling lokale opwek - Er kan ook een rechtstreekse kabel tussen een lokale opweklocatie en een afnamepunt worden gelegd. Hier is dan sprake van een gesloten systeem, waarbij zelf de netwerkbalans geregeld moet worden. Dit kan door te sturen op te sturen op de afname, de opwek 'stop te zetten' bij overschot, of op te slaan in eigen accu's of bijvoorbeeld in voertuigen bij een mobiliteitshub.

Hubs – Een specifieke combinatie van bovenstaande is de ontwikkeling van (grotendeels) autonome (mobiliteits- en) energiehubs. Dit is een plek waar opwek, opslag, conversie en afname (voor mobiliteit en door andere grootzakelijke afnemers) bij elkaar is gebracht, vaak nabij industrie- of bedrijventerreinen.

Met directe lokale koppeling verkleinen we de noodzaak voor netverzwaring.

De RET en HTM hebben ondertussen een directe koppeling gerealiseerd. ProRail onderzoekt de mogelijkheden.

B. Koppeling via distributienet

Dit vraagt zowel op de locatie van opwek als afname een aansluiting op het net. Via Garanties van Oorsprong (GvO) kan deze koppeling administratief worden gelegd, ten behoeve van de ambitie rond regionale opwek (BAZEB).

De vraag is of er op de gewenste locatie voldoende **transportcapaciteit** beschikbaar is. Voor opwek is die op veel plekken in het land al zeer beperkt. Maar ook voor afname moet hier al rekening mee worden gehouden. De laatste tijd zijn er meerdere voorbeelden van projecten voor wonen of maatschappelijke voorzieningen die vertraagd worden omdat ze niet op het net kunnen worden aangesloten.

Daarnaast moet er rekening worden gehouden met de **doorlooptijd** van realisatie van de aansluiting. Indien er netverzwaring nodig is dan kan die enkele jaren bedragen. De realisatie van een extra onderstation duurt vijf tot zeven jaar (kosten 10 -25 M Euro). Er zijn meerdere mogelijkheden om het net te ontlasten en de (maatschappelijke) kosten te beperken. We noemen er hier twee:

- Cable pooling, wat kansen biedt om bijvoorbeeld een zonne- en een windpark samen op één netaansluiting aan te sluiten.
- Peak shaving, waarbij de producent of afnemer zelf zorgt voor het aftoppen van de pieken waardoor de netaansluiting minder zwaar hoeft te zijn, bijvoorbeeld in combinatie met een stationaire opslag.

1: Naast een koppeling via de conversie van elektriciteit naar waterstof

2.4 Koppeling door afstemming in de tijd

De verwachting is dat in 2030 meer dan 75% van onze elektriciteit opgewekt wordt uit zon en wind. Dat betekent dat het aanbod fluctueert afhankelijk van het weer en het moment van de dag of het jaar. Afstemming van momenten van vraag en aanbod wordt daarmee een flinke opgave. Daarvoor zijn er de volgende mogelijkheden:

Opslag - Energie die wordt opgewekt maar niet direct op dat moment gebruikt kan worden, kan tijdelijk worden opgeslagen in stationaire batterijen bij de opweklocatie. Dat kan bij eigen opwek bijvoorbeeld ook in bussen die op dat moment niet rijden, of in oude accu's.

Laadstrategie – Er kan worden gekozen voor een laadstrategie (overnight of opportunity charging) waarmee de tijdstippen waarop (mogelijk) geladen wordt als zoveel mogelijk samenvallen met beschikbaarheid van hernieuwbare energie.

Slim laden / smart Grid management - Met een smart grid is het mogelijk de op dat moment beschikbare energie slim te verdelen over de vragers door de bussen bijvoorbeeld minder snel te laden. Andersom is het ook mogelijk om overtollige energie terug te geven aan het net (V2G). Als dit wordt gecombineerd met een energie- of mobiliteitshub kunnen elektrische auto's bij een park&ride bijvoorbeeld als tijdelijke opslag dienen en zo helpen het netwerk te balanceren.

Vraagsturing – Het is mogelijk het voorverwarmen van treinen en wissels op momenten te doen samenvallen met beschikbaarheid van hernieuwbare energie.

Conversie - Opgewekte elektriciteit die niet direct benut of opgeslagen kan worden, kan (tijdelijk) worden omgezet in bijvoorbeeld waterstof. Dit kan vervolgens direct als brandstof worden gebruikt, of later weer worden omgezet in elektriciteit.

Inkoopstrategie – Zowel energiebronnen als vervoerders kunnen (deels) complementair aan elkaar zijn. Zo rijden treinen voornamelijk overdag en vragen dan energie, en kunnen bussen makkelijk juist 's nachts laden. Ook zon en wind zijn gedeeltelijk aanvullend aan elkaar.

Spits verbreden / dienstregeling aanpassen - Door de dienstregeling aan te passen is er minder vraag op hetzelfde moment en zijn de pieken van energievraag lager.

Er is in algemene zin voor voertuigen met tractienetten relatief weinig flexibiliteit wat betreft afstemming in de tijd. Voor batterij-elektrische voertuigen zijn er meer mogelijkheden en bij waterstof-elektrische voertuigen is afstemming in de tijd nauwelijks tot geen issue.

2.5 Focus kansenkaart

Afbakening en toepassing

In het voorgaande gaven we een kort overzicht van hoe en waar afname (vraag) zich per modaliteit voor kan gaan doen, hoe dat zit met opwek (aanbod) en op welke manieren afname en opwek fysiek en in tijd kunnen worden gekoppeld.

Onze hypothese is dat een kansenkaart kan helpen als **startpunt voor een gesprek** met en tussen belanghebbenden over waar kansen voor de koppeling van opwek en afname.

De kansenkaart richt zich daarbij op ruimtelijke koppeling, niet zozeer op het aspect 'afstemming in de tijd'. Dat kan gaan over directe fysieke koppeling, of kansen voor optimalisatie van inpassing in het net, of slimme keuzes voor laadlocaties, zoals remises en begin- en eindpunten.

Interessante locaties

Door verschillende typen informatie geografisch inzichtelijk te maken (over elkaar heen te leggen) worden mogelijk locaties zichtbaar die kansrijk zijn in relatie tot koppeling van opwek en afname. Het is interessant om informatie over de volgende type locaties in een kaart te combineren en te visualiseren:

- Locaties en zoekgebieden van (toekomstige) **grootschalige opwek** van hernieuwbare energie: wind, zon en zon op grote daken¹
- Locaties van (toekomstige) **afname**: OV knooppunten / gedeelde routes, remises, begin en eindhaltes, invoerpunten tractienetten (onderstations) Locaties met **beschikbare transportcapaciteit** op het elektriciteitsnet voor opwek en afname (interessant voor koppeling via het net)
- Locaties waar juist **schaarste in transportcapaciteit** is op het elektriciteitsnet voor opwek of afname (interessant voor directe lokale koppeling)
- Andere **grootschalige afnemers / energieproducenten**: Energiehubs (in ontwikkeling), Industrie-/ bedrijventerreinen

Toekomstscenario's

Wie zien dat er voor zowel locaties (en omvang) van opwek als afname nog onzekerheden richting de toekomst zijn in relatie tot

- Beleid: o.a. concessieverlening, eigenaarschap strategische assets, eisen en wensen omtrent gebruik van regionale opgewekte energie
- Technologie en business case: voertuigen op waterstof vs. doorontwikkeling accupakketten
- Markt: (laad)strategie vervoerders
- RES: locaties en hoeveelheid opwek binnen zoekgebieden

Daarmee ontstaat de behoefte aan het onderbrengen van meerdere toekomstscenario's in de kansencarta. Voor de testcases in deze verkenning kiezen we bewust voor een beperkt aantal fictieve, maar voorstelbare, sterk onderscheidende scenario's voor 2025 en 2030. De één met een mix van laadstrategieën voor ZE bussen en de ander gebaseerd op waterstof. Dit geeft voor deze verkenning voldoende gevoel voor orde groottes en toegevoegde waarde van de kansencarta.

3. Kansen identificeren

Testcases kansenkaart

3. Kansen identificeren

3.1 Introductie kansenskaart

In het voorgaande hoofdstuk zijn koppelkansen benoemd tussen het aanbod van duurzame energie (vanuit de RES 1.0) en de vraag van duurzame energie (vanuit het openbaar vervoernetwerk). Voor het identificeren van die koppelkansen is het nodig om inzicht te hebben in de geografische locaties van opwek en afname van energie.

Om dat inzicht te geven is een interactieve kansenskaart ontwikkeld voor twee regio's: Arnhem-Nijmegen en West-Brabant (zie paragraaf 3.3 en 3.4). In deze kansenskaart is vraag en aanbod¹ aan duurzame energie gekwantificeerd voor vijf scenario's:

1. Huidige situatie, op basis van gerealiseerde duurzame energieprojecten en huidige OV-aanbod
2. Situatie in 2025 (dan zijn in beide regio's een nieuwe OV-concessie ingegaan), met 2 subscenario's:
 - a. Openbaar vervoer op waterstof (m.u.v. huidige trolleylijnen in Arnhem-Nijmegen)
 - b. Openbaar vervoer op accu's
3. Situatie in 2030 (dan is een groot deel van de RES-ambitie aan duurzame energie gerealiseerd), met dezelfde 2 subscenario's als in 2025:
 - a. Openbaar vervoer op waterstof (m.u.v. huidige trolleylijnen in Arnhem-Nijmegen)
 - b. Openbaar vervoer op accu's

In bijlage B is een toelichting op het gebruik van de kansenskaart toegevoegd.

De kansenskaart geeft op maandbasis vraag (opgesplitst naar bus en trein) en aanbod (opgesplitst naar zon en wind) weer. Hierbij kunnen regio's (bijv. regio, gemeente of willekeurige selectie) worden gekozen, of punten (bijv. energievraag en benodigd aansluitvermogen op laadpunten of remises).

Doordat de locaties van vraag en aanbod, en de hoeveelheid vraag en aanbod geografisch inzichtelijk zijn, is de kansenskaart te gebruiken om koppelkansen te identificeren. Als hulpmiddel hierbij geven we ook de knelpunten op het elektriciteitsnet weer², zodat duidelijk is waar directe koppelingen nodig zijn, en waar eventueel gebruik kan worden gemaakt van het bestaande net. Bij elk afnamepunt is daarvoor het aansluitvermogen weergegeven.

3.2 Werkwijze ontwikkeling kansenskaart

Voor de ontwikkeling van de kansenskaart is gebruik gemaakt van data vanuit de energieregio's en vervoerders, open data en netbeheerders. Deze data is gekoppeld en gecombineerd in een rekenmodel waarin op basis van scenario's vraag en aanbod van energie aan geografische locaties wordt toegerekend. Een toelichting op het model, de input, aannames en rekenwijze hebben we opgenomen in bijlage C.

²: Er is een link naar online informatie omtrent risico op netcongesties opgenomen. De netbeheerders is gevraagd deze (open) data als GIS-bestand beschikbaar te stellen, maar aan dat verzoek konden zij helaas niet (tijdig) voldoen.

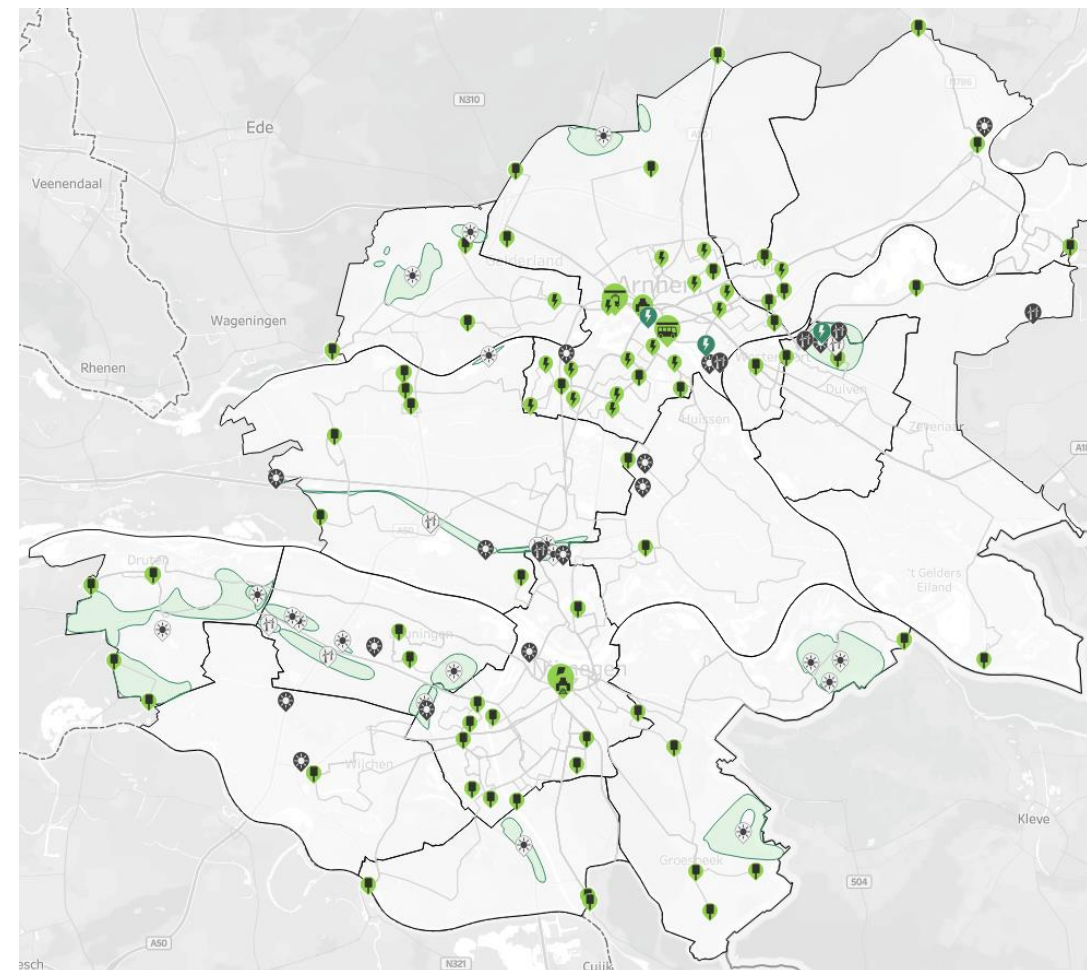
¹: Bij deze testcases is nog geen data van locaties van zon op grote daken opgenomen in de kaart

3.3 Testcase Arnhem-Nijmegen

De interactieve kansenskaart¹ voor de regio Arnhem-Nijmegen is te vinden op deze [locatie](#).

Overzicht kenmerken regio

- Karakter: stedelijk cluster en streek
- Energieregio Arnhem-Nijmegen, ambitie 2030 (RES 1.0): 1,62 TWh, waarvan Wind: 0,47 TWh, Zon: 0,65 TWh en Zon op dak: 0,49 TWh
- Concessie: Arnhem-Nijmegen, loopt tot eind 2024 (was eind 2022)
- Vervoerder stadsbussen en streekvervoer: Hermes (Breng)
 - Trolleybussen in/rond Arnhem (zero emissie)
 - Stallingen: Arnhem, Bemmelen, Duiven, Nijmegen
- Vervoerders regionaal spoor:
 - Arnhem – Doetinchem: Hermes (diesel)
 - Arnhem – Winterswijk: Arriva (diesel, test batterij trein op deel traject)
 - Nijmegen – Roermond, Maaslijn: Arriva (elektrificatie eind 2024)
 - Arnhem – Tiel: Arriva (diesel)
 - Opstellocaties: Arnhem, Nijmegen
- Netbeheerder: Liander. Risico netcongestie: voor opwek hoog, voor afname wisselend (zie bijlage D)



Figuur 3. Beeld kansenskaart testcase Arnhem-Nijmegen (scenario 2030 – elektrisch), met zoekgebieden

1: De kansenskaart bevat de huidige situatie en fictieve (!) maar voorstelbare scenario's voor 2025 en 2030.

Beeld vraag en aanbod

In de testcase zijn de energiebehoefte vanuit OV en spoor (vraag) en de projecten en zoekgebieden met grootschalige hernieuwbare opwek (aanbod) in kaart gebracht. Het beeld van de totalen (zie tabel 3) geeft een gevoel hoe die zich richting 2030 verhouden.

Jaar	Vraag (TJ)	Aanbod (TJ)	Ratio (%)
2021	351	307	114,3
2025	280	1476	19,0
2030	185	4140	4,5

Tabel 3. Jaarlijkse regionale energievraag OV en spoor afgezet tegen het (verwachte) regionaal aanbod van hernieuwbare energie in regio Arnhem-Nijmegen.

Voorbeelden kansrijke locaties (ter illustratie)

Als we de kansenkaart voor de regio Arnhem-Nijmegen bekijken, dan zien we een aantal mogelijk interessante locaties¹. Bij sommige locaties is mogelijk een vorm van directe lokale koppeling te overwegen. Bij andere locaties zijn er kansen voor optimale gebruik van het elektriciteitsnet en benodigde laadinfrastructuur. De letters van de lijst corresponderen met letters op de kaart:

- A. **Synergiepark Innofase in Duiven.** Hier is het eindpunt van buslijn 61. Circulair ondernemerschap wordt hier gestimuleerd, waarbij slimme samenwerking leidt tot lagere kosten voor onder andere energie en de netaansluiting. Zonnepark Gansenwoirt is in ontwikkeling en er is een zoekgebied voor wind.

- B. **Industriepark de Kleefse Waard (IPKW) in Arnhem.** IPKW verduurzaamt de energiestromen op het park. Er liggen momenteel 27.000 zonnepanelen. Er gaat een windturbine elektriciteit leveren (Windpark Koningspleij). Er is een waterstofcluster, met een waterstof tankstation, en een laadplein waar meer dan zestig auto's kunnen laden. Buslijn 12 komt hier langs.
- C. **Druten, Groesbeek, Wolfheze:** diverse eindhaltes voor de bus met nabij zoekgebieden voor zon en dus mogelijk kansen voor directe koppeling.
- D. **Betuweroute²:** Zoekgebied zon langs spoor. Kansen voor directe koppeling.
- E. **Knooppunt bus bij Elst:** Hier komen verschillende buslijnen samen. Kan interessant zijn om in de toekomst juist op die plek een halte voor opportunity charging te maken (efficiënte plek voor laadinfrastructuur).
- F. **Trolleybus langs spoor Arnhem-Westervoort:** idee (nog niet getoetst) om trolleybus te koppelen, na uitbreiding van technische voorzieningen, met tractienet spoor.

¹: De kansenkaart is een testcase. Ter illustratie en ter inspiratie van de werking benoemen we hier een aantal verschillende type kansen (niet limitatief) met als bedoeling een gesprek hierover op gang te brengen. Kansen zijn deels al bekend / in ontwikkeling. Binnen de kaders van deze verkenning zijn we niet nader of dieper ingegaan op specifieke kansen op concrete locaties.

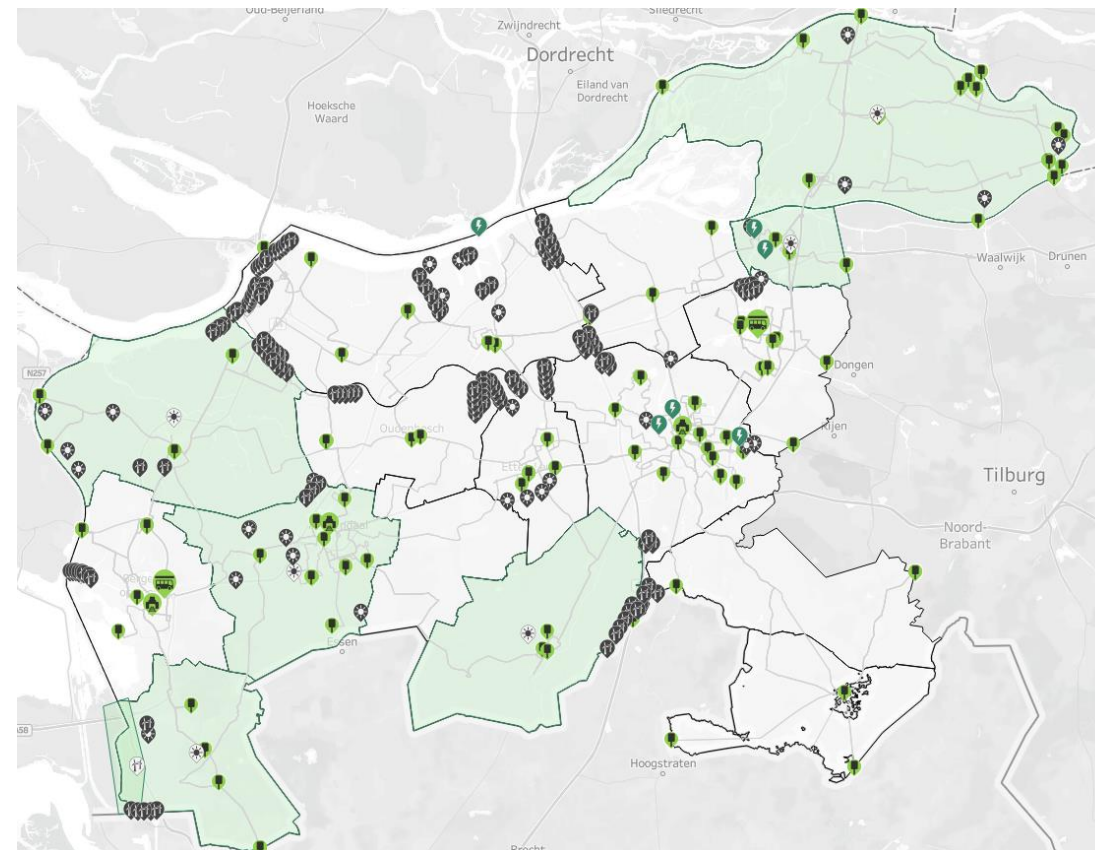
²: geëlektrificeerd goederenvervoer, geen regionaal spoor. Ter illustratie toch in deze lijst opgenomen

3.4 Testcase West Brabant

De interactieve kansenskaart¹ voor de regio West Brabant is te vinden op deze [locatie](#).

Overzicht kenmerken regio

- Karakter: combi streek en steden
- Energieregio West Brabant, ambitie 2030 (RES 1.0): 2,0 TWh¹, waarvan Wind: 1,24 TWh, Zon: 0,4 TWh, Zon op dak: 0,74 TWh
- Concessie: West Brabant, loopt tot juli 2025 (was eind 2022)
- Vervoerder stadsbussen en streekvervoer: Arriva (Bravo)
 - Stallingen: Baarle Nassau, Bergen op Zoom, Breda Slingerweg, Breda Druivenstraat (in ontwikkeling), Oosterhout, Roosendaal
- Netbeheerder: Enexis. Risico netcongestie: voor opwek wisselend, voor afname geen risico (zie bijlage D)



Figuur 4. Beeld kansenskaart testcase West Brabant

¹: De kansenskaart bevat de huidige situatie en fictieve (!) maar voorstelbare scenario's voor 2025 en 2030.

²: De afzonderlijke vormen van grootschalige opwek zijn bewust over geprogrammeerd om, na afvallen van projecten alsnog op de ambitie van 2,0 TWh uit te komen

4. Verkennen regionale koppeling

Bepalende factoren en waarde kansenkaart

4. Verkennen regionale koppeling

Om onze hypothese rond de kansenkaart te toetsen (zie par. 1.2) voerden we met betrokkenen uit de testcase regio's verkennende gesprekken. Zo kregen we een beeld hoe zij met de koppeling van opwek en afname bezig zijn, wat voor hen bepalend is en of en op welke manier een kansenkaart van waarde kan zijn. Hieronder geven we per thema onze belangrijkste bevindingen weer.

4.1 Algemeen beeld vraag en aanbod

Kijkend naar de totalen van vraag en aanbod in de testcases (zie paragraaf 3.3 en 3.4) zou in theorie de vraag op termijn met gemak met regionale hernieuwbare bronnen kunnen worden ingevuld. Maar dat moet dan nog wel gebeuren. Op dit moment zijn er nog nauwelijks contracten tussen vervoerders en leveranciers van regionale zon en wind. Bovendien zal de claim op dit aanbod vanuit andere sectoren en vervoersmodaliteiten nog sterk toenemen. De RES programma's richten zich sinds oplevering van de RES 1.0, die vooral gericht was op ambities voor regionale opwek, meer op het in beeld brengen van de energievraag vanuit de verschillende sectoren, waaronder mobiliteit. Zij geven aan vanuit die behoefte interesse te hebben in een kansenkaart, maar dat die behoefte voor mobiliteit breder is dan OV en regionaal spoor alleen.

4.2 Afname regionaal opgewekte energie?

Het grootste deel van de hernieuwbare energiebehoefte voor OV en spoor wordt nu ingevuld middels GvOs elders uit Europa. Die zijn (veel) goedkoper dan GvOs uit Nederland¹. Sinds de recente hervorming van de SDE++ regeling draagt het inkopen van GvOs uit Nederland ook daadwerkelijk bij aan de ontwikkeling en stimulering van lokale zon en wind projecten.

Zolang er via concessies geen eis ligt voor gebruik van regionaal opgewekte energie ligt het vanuit oogpunt van kosten niet voor de hand dat vervoerders dit uit eigen beweging gaan doen.

Als overheid mag je geen eisen stellen aan de exacte herkomst van stroom. Het is wel toegestaan om nationale of regionale GvO's uit te vragen of een wens op te nemen gericht op lokale samenwerking. Hiermee kan er toch gericht op regionale groene stroom worden gestuurd². Voor de implementatie is een volloop-scenario aan te bevelen, waarbij er in X-aantal jaar naar 100% regionaal opgewekte groene stroom kan worden overgestapt, eventueel met als eis dat het moet gaan om nieuw te realiseren projecten. Aandachtspunt is dat voor deze contracten vaak een commitment wordt gevraagd met een looptijd die langer is dan de looptijd van een concessie. Een overnameregeling is een optie, maar prijsgarantie is lastig omdat periodieke herijking plaatsvindt.

Een deel van de concessieverleners en vervoerders gaf aan dat ze zich niet specifiek bewust waren van de BAZEB-ambitie om regionaal opgewekte hernieuwbare energie te gaan gebruiken. Bovendien vraagt verduurzaming op andere vlakken, zoals laadinfrastructuur, nu al veel aandacht bij nieuwe concessies: "Het is al complex genoeg". Het komt al voor dat er een eis/wens in een concessie wordt opgenomen omtrent regionaal opgewekte energie, maar dat lijkt in de volle breedte (nog) niet aan de orde. Tegelijkertijd ontstaat er steeds meer verbinding tussen de duurzame ambities en is de bestuurlijke wens er ook buiten BAZEB. De kansenkaart werkte in die zin in de gesprekken als trigger voor het bewustzijn van een mogelijke koppeling tussen vervoer en grootschalige zon en wind projecten in de regio.

¹: met groeiend aanbod regionale opwek richting 2030 zullen de prijzen voor GvO-NL mogelijk dalen.

²: Er is op meerdere plekken al ervaring opgedaan, o.a. samenwerkingsverband in regio Arnhem Nijmegen.

4.3 Koppeling via het distributienet: inpassing

In verband met schaarse transportcapaciteit werken betrokkenen binnen de RES nauw samen met de netbeheerders om te zorgen dat de ambities voor opwek straks gerealiseerd kunnen worden. Netbeheerders doen op basis van de RES ambitie een uitgebreide netimpact analyse en passen hun investeringsplannen zo goed mogelijk hierop aan. Alsnog betekent dit dat de doorlooptijd van de realisatie van een aansluiting voor opwek lang kan zijn.

Ook voor afname van elektriciteit is er in delen van het land, waaronder de regio Arnhem-Nijmegen, sprake van schaarse netcapaciteit. In algemene zin geldt dat het zaak is eerder dan voorheen met de voorbereiding van concessies te beginnen. Alvast vooruitkijken naar geschikte toekomstige grootschalige laadlocaties is van belang om te voorkomen dat implementatie vertraging oploopt (zie ook paragraaf 4.9). Het is van belang in concessies vervoerders voldoende tijd te geven om benodigde aansluitingen te regelen voor de overstap naar zero emissie voertuigen.

Het instrument 'Laadkaart OV'¹ van DOVA en de netbeheerders is onder andere bedoeld om vervoerders de mogelijkheid te geven te toetsen of toekomstige laadinfrastructuur is in te passen. Voor een meer planmatige aanpak heeft ElaadNL in samenwerking met betrokkenen al verder vooruitgekeken tot 2035. Zij maakten een inventarisatie van de meest kansrijke laadlocaties (ElaadNL, 2019). Afgelopen september is daar een initiatief bijgekomen vanuit IenW. ElaadNL is met betrokkenen een prognoseproces gestart om de ontwikkeling van laadinfrastructuur verder in beeld te brengen. De jaarlijkse Elaad Outlooks dienen als vertrekpunt. Het is aan de NAL-regio's om de verwachte vraag/vermogen op CBS-buurniveau, voor alle modaliteiten (behalve spoor, tram en metro) in te vullen. Netbeheerders doen daarna in het kader van de RES 2.0 een netimpactanalyse voor laadinfrastructuur (gepland Q4 2022).

Mogelijk is de methodiek die voor de kanskaart is gebruikt om toekomstige energievraag toe te rekenen naar laadpunten bruikbaar voor deze prognose (?). Verder kan een kanskaart mogelijk een snel, eerste beeld geven van kansrijke nieuwe laadlocaties. Een kanskaart lijkt verder ten opzichte van bovenstaande inventarisaties en specifieke analyses (voor koppeling via het net) weinig meerwaarde te hebben.

Een netbeheerder moet volgens de wet elke aanvraag voor een aansluiting behandelen op volgorde van binnenkomst (non-discriminatoire beginsel). De vraag rijst, gezien de grote duurzame opgaven, in hoeverre dat maatschappelijk wenselijk is. In West Brabant verkent men nu mogelijkheden voor gebiedsgericht programmeren vanuit overheden (vb. via vergunningverlening).

De wens bij onze testcases was om in elk geval informatie over de risico's op netcongestie toe te voegen als kaartlaag (zie bijlage D). Specifiekere informatie over (verwachte) vrije netcapaciteit en locaties van nieuwe stations zou nog mooier zijn. Netbeheerders hebben ons de gevraagde informatie niet kunnen of willen verstrekken. Ze geven aan dat zij (open) informatieproducten ontwikkelen, maar dat die naar verwachting pas in 2022 beschikbaar zijn.

4.4 Directe koppeling: enkele kansrijke locaties

Voor onze testcases geldt dat potentiële locaties van grootschalige opwek in enkele gevallen samenvallen met potentiële laadlocaties voor bussen. Dat betreft OV knooppunten of eindhaltes, niet zozeer remises¹. Daarnaast is er een locatie waar een zoekgebied voor zon en wind bij een onderstation voor de trein ligt². Deels hadden betrokkenen in de regio's deze locaties al in beeld en deels nog niet.

Voor het inventariseren van dergelijke kansen zou een kanskaart voor alle regio's in Nederland van waarde kunnen zijn.

4.5 Directe koppeling: wat is leidend?

Uit de gesprekken komt naar voren dat regionale zon en wind projecten op dit moment nog geen primaire factor vormen voor vervoerders bij het bepalen van hun laadstrategie of keuze van laadlocaties, tenzij concessieverleners daarop sturen. Vervoerders kijken niet als eerste naar de RES. Factoren van groter belang zijn het realiseren van een gevraagde en rendabele dienstregeling en minimalisatie van (lege) materieelritten. Daarnaast zijn aspecten als beschikbare grond en ruimte voor remises en laadlocaties, zekerheid van inpassing in het elektriciteitsnet en maatschappelijk draagvlak van belang.

Ook concessieverleners kijken op deze manier naar de wereld: laadpunten verplaatsen om directe lokale koppeling met opwek te realiseren veroorzaakt meer materieelritten en dus mogelijk hogere subsidiekosten. Dat zal bij een nieuwe concessie dus worden ingeprijsd.

Kortom: het idee dat een directe koppeling een deel van het inpassingsprobleem kan oplossen wordt herkend, maar is geen primaire reden om de laadlocatie aan te passen. Een integrale afweging van maatschappelijke kosten voor aansluitingen, zowel opwek als afname, en kosten voor de exploitatie van de OV concessie zou hier passen, maar wordt nog niet gemaakt omdat hier twee werelden (nog niet) samenkomen. Mogelijk kan de kanskaart een trigger zijn voor betrokkenen om wel tot zo'n afweging te komen.

4.6 Directe koppeling: opslag als randvoorwaarde

Gesprekspartners geven aan dat vanwege het fluctuerend aanbod van zon en wind meestal aanvullende voorzieningen nodig zijn bij een directe koppeling. Dat gaat om een aansluiting op het net voor momenten dat er minder of geen aanbod is en/of een stationaire batterijopslag. De verwachting is dat de (maatschappelijke) kosten van een stationaire

opslag tot minimaal 2025 veelal hoger zijn dan een netverzwaring. Voordeel is wel een kortere doorlooptijd van realisatie.

Vervoerders zouden ook kunnen investeren in een stationaire opslag, eventueel met oude accu's uit eigen voertuigen, en daarmee bovendien de flexmarkt betreden. Alsnog is het beeld is dat die business case te smal is. Een concessieverlener zou kunnen investeren in een dergelijke opslag, vanuit publiek belang, met een overnameregeling in de concessie.

4.7 Directe koppeling: randvoorwaarden regionaal spoor

Voor regionaal spoor (zoals de Maaslijn die geëlektrificeerd wordt) zijn er directe koppelmogelijkheden bij onderstations. Er gelden wel enkele randvoorwaarden, waaronder

- de voorwaarde van de ACM dat opgewekte energie (door derden) door ProRail niet mag worden teruggevoerd aan het elektriciteitsnet. Daar is moeilijk aan te voldoen zonder energieopslag of 'knippen' van de productie bij vraagstiltes: de trein heeft geen continue afname. Dat speelt zowel op gronden van ProRail als niet-ProRail grond.
- De onderstations in de regio hebben een vermogen van 0 – 5 MW. De continue transportcapaciteit naar stations is 1 – 2 MW. Grootschalige opwek van wind is tegenwoordig veelal in een cluster of lijnopstelling. In dat geval kan een onderstation misschien maar een enkele turbine aan. Fysieke koppeling met wind wordt daarmee lastig en is qua business case veelal niet interessant.
- Een zonnepark tussen twee onderstations koppelen is wel een optie, maar dus beperkt tot ongeveer 3 MW (1,5 MW ene kant op, 1,5 MW andere kant op)

Voor de kansenkaart is het zoeken naar een match tussen opwek vanuit zon (met een vermogen rond de 3 MW) en locaties van onderstations voor trein (of trolleybus) dus interessant.

4.8 Directe koppeling: hubs

De ontwikkeling van hubs wordt door veel gesprekspartners als interessant gezien. Hubs kunnen verschillen qua type, grootte en functie. Soms ligt de focus op mobiliteit (vaak bij OV-knooppunten binnen of buiten de stad), soms op energie (vaak bij bedrijven- en industrieterreinen aan de randen van de stad) en soms is een combinatie mogelijk. Het mooie is: zodra een hub enige substantie heeft dan wordt het steeds aantrekkelijker voor andere belanghebbenden om aan te haken. Er ontstaan mogelijkheden zoals het optimaliseren van (gecombineerde) aansluitingen¹, lokaal slim laden, delen van stationaire opslag, productie van waterstof en een directe koppeling met lokale opwek. Op plekken waar geen grootschalig zon of wind in de buurt is, is zon op grote daken vaak interessant om de energiebehoefte voor bv. stationsvoorzieningen in te vullen.

Een aantal mogelijke voordelen van een hub lijken minder haalbaar. Zo zien vervoerders het delen van de laadplek voor bussen met andere vervoerders niet zitten: wie gaat het risico op vertraging in de dienstregeling nemen? Ook het idee om remenergie van treinen op te slaan en te benutten voor het opladen van bussen is onderzocht en levert vooralsnog niet voldoende op².

Een (energie-)hub kan mooie kansen voor koppeling bieden. Al met al lijkt een dergelijke hub voor betrokkenen eerder aanleiding om de laadstrategie te heroverwegen dan een nieuw zon- of windproject. Bij publieke hubs met meer focus op mobiliteit kan beperkt opportunity charging plaatsvinden.

Ook hier geldt dat concessieverleners kunnen sturen op het verplaatsen van een laadlocatie naar een dergelijke hub, met uiteraard oog voor resterend budget voor invulling van de dienstregeling.

4.9 Concessies en de rol van de concessieverlener

In veel gesprekken kwam de rol en invloed van de concessieverlener ter sprake. Concessies blijven met oog op verduurzaming in ontwikkeling. Daarbij kwamen de volgende steeds verdergaande (mogelijke) eisen naar voren:

A. Zero emissie - De voorbereiding van komende concessies is met name gericht op de eisen rond zero emissie en gebruik van hernieuwbare energie (middels Europese GvOs). Belangrijk onderdeel is de laadinfrastructuur voor ZE bussen. Remises voor voertuigen op (diesel en) waterstof vragen relatief eenvoudige infrastructuur en worden makkelijker terugverdiend binnen de tijd van de concessie. Remises met laadinfrastructuur voor batterij-elektrische bussen kennen een terugverdientijd die langer loopt dan de concessie en geschikte locaties zijn schaarser. De ene locatie is hierbij van groter strategisch belang dan de andere.

De wens om hierin te zorgen voor continuïteit en een gelijk speelveld levert een dilemma op dat per concessie en locatie verschillend worden opgepakt. Het verzorgen van het (bovengrondse) laadpunt wordt het liefst aan de vervoerder overgelaten om technische compatibiliteit te borgen. Voor de remise en de netaansluiting kan de concessieverlener kiezen om eigenaar te worden, deze ter beschikking te stellen of het aan de vervoerder over te laten (met een overdrachtsregeling). Zo kiest de provincie Brabant ervoor om zelf een nieuwe remise in Breda te realiseren, maar is voor andere remises goed denkbaar dat dat aan de markt blijft. Provincie Gelderland legt liefst alles bij de markt en kiest voor een beperking van financiële risico's.

In lijn hiermee werken concessieverleners richting de volgende concessie aan de volgende punten:

- Vroegtijdig starten met voorbereidingen voor laadinfrastructuur. Met de netbeheerder samenstellen van een lijst met mogelijke locaties, alvast een netimpactanalyse uitvoeren en bijvoegen bij het pakket van eisen, waarbij de vervoerder de vrijheid houdt eigen keuzes te maken.

- Periode implementatie busconcessie verlengen naar 1,5 - 2 jaar.
- Inbouwen meer flexibiliteit: de omvang van de concessie beperkt houden en vaker tussentijds evalueren.

B. Regionaal opgewekt - Een mogelijke (toekomstige) eis/wens voor nieuwe concessies is dat de gebruikte hernieuwbare energie regionaal is opgewekt. Dit komt mede voort uit de bestuurlijke wens om regionale opwekprojecten te stimuleren en te zorgen voor positieve beeldvorming naar de omgeving. Dat kan via een regionale GvO, maar deze eis zou dus ook directe lokale koppeling kunnen stimuleren. Overweeg hierbij voor een volloop-scenario te kiezen (zie paragraaf 4.2). Aandachtspunt is de extra kosten voor regionale GvOs.

C. Gelijktijdigheid - Op termijn is de eis/wens denkbaar dat (een mate van) gelijktijdigheid van opwek en afname wordt aangetoond. Daartoe worden al softwaresystemen op de markt aangeboden die dit administratief mogelijk maken. Dat heeft per laadstrategie een andere impact: 's nachts is er minder hernieuwbare energie beschikbaar dan overdag. Bovendien kan de eis voor regionale opwek hiermee op spanning staan. Als dit een harde eis wordt, zal dit leiden tot de investering in opslagsystemen en dan kan de hele laadinfrastructuur/koppeling er heel anders uit gaan zien.

4.10 Onzekerheid ontwikkeling waterstof

Het maakt voor toekomstige laadlocaties voor bussen groot verschil of er op termijn al dan niet wordt overgestapt op waterstof. De provincie Gelderland zet in op de ontwikkeling van een waterstofeconomie, maar of en wanneer waterstof kan concurreren met batterij-elektrisch en voor welke lijnen (stad/streek) is voor betrokkenen nog een vraagteken. In een scenario zonder waterstof worden de huidige remises in de volgende concessie voorzien van laadinfrastructuur voor batterij-elektrische bussen. Als het waterstof wordt dan zijn er remises nodig met een H2 tankstation, zijn kleinere aansluitingen op remises afdoende en

zijn er geen laadplekken nodig voor opportunity charging. Al met al zal per concessie de op dat moment best betaalbare en beschikbare techniek bepalen wat het wordt.

Waterstofbussen kunnen mogelijk rendabel worden, partijen moeten er ook rekening mee houden dat in de nabije toekomst waterstof alleen in specifieke gevallen een reëel alternatief is voor batterij elektrische bussen. Daarbij is voor kostenefficiënt vlootmanagement en daarmee voor een commercieel rendabele exploitatie van een OV concessie wel van belang te voorkomen dat er voertuigen met te veel verschillende technieken worden gevraagd.

4.11 Algemene constatering testcases

Tot slot benoemen we hier nog een aantal algemene constatering¹ die we deden bij beschouwing van de kansenkaarten van de testcase regio's:

- Veel opweklocaties liggen ver van (grootschalige) afnamelocaties vandaan. Hierdoor is een directe koppeling complex en kostbaar is of er is transport van elektriciteit nodig via een vaak al overbelast net, waardoor lokaal knelpunten ontstaan. Opweklocaties liggen veelal in het buitengebied. Huidige grootschalige afnamelocaties (remises, stations) liggen veelal in de stad.
- Verwachte momenten van laden (vraag) en opwekking (aanbod) van energie vallen afhankelijk van het scenario niet altijd in de tijd samen. Dit vraagt aandacht bij mogelijke ambities omtrent gelijktijdigheid.

¹ : N.B.: voor andere regio's kan dit beeld anders zijn.

² : In de huidige (fictieve) testcase blijft er, door de aanname van efficiencyverbetering van bussen, richting 2030 steeds minder 'restant-vraag' over (of zelfs geen) die met laden 's nachts in de remises wordt ingevuld.

- Gekozen uitgangspunt bij de testcases voor het scenario met batterij-elektrische bussen is een laadstrategie met opportunity charging op meerdere logische plekken op de route en het restant laden middels over-night charging. In de verkenning kwam de trend van 'steeds meer op remises laden' naar voren, vanwege de ontwikkeling van de accu capaciteit. Het scenario in de testcase past daar niet optimaal bij. Om een beeld te krijgen van mogelijke toekomstige vermogens op remises is het daarom van belang in een volgende kansenskaart ook een scenario met minder of geen opportunity charging (laadpunten) toe te voegen. Voor nu hebben we een bijlage C.4 een tabel van het 'geen opportunity charging'-scenario toegevoegd.

5. Conclusies en aanbevelingen

5. Conclusies en aanbevelingen

We komen in dit hoofdstuk terug op de vraag en de hypothese waar we deze verkenning mee zijn begonnen (zie paragraaf 1.2). We brachten eerst de context van het koppelen van opwek en afname van hernieuwbare energie in beeld (hoofdstuk 2). Vervolgens ontwikkelden we voor twee regio's een testcase van de kansenkaart (hoofdstuk 3). De verkennende gesprekken met betrokkenen die hierop volgende gaven meer inzicht in wat bepalend is bij kansen voor koppeling en wat de waarde is van een kansenkaart (hoofdstuk 4).

5.1 Conclusies: kansen voor koppeling

Over de vraag waar kansen voor koppeling liggen concluderen wij het volgende:

1. Het aanbod van regionale hernieuwbare energie is in 2030 aanzienlijk groter dan de vraag vanuit OV en regionaal spoor. Als er werk van wordt gemaakt is het in principe mogelijk de gehele energiebehoefte regionaal in te vullen.
2. De BAZEB-ambitie om regionaal opgewekte hernieuwbare energie te gebruiken wordt door concessieverleners verschillend geïnterpreteerd en heeft niet de primaire focus voor komende aanbestedingen. Zolang er geen eis is voor het gebruik van regionaal opgewekte energie zullen vervoerders vanuit oogpunt van kosten (dure GvOs) hier niet snel toe overgaan.
3. Bepalend bij de ontwikkeling van zowel opwekprojecten als laad-infrastructuur is de inpassing in het net en het risico op hoge doorlooptijden en kosten. Dat vraagt verder vooruitkijken bij het in beeld brengen van geschikte locaties voor laadinfrastructuur en dat concessieverleners dat zij bij aanbestedingen (per locatie) bewust positie en rol kiezen.
4. Het proces voor het bepalen van netimpact aan de opwekkant (RES) is adequaat ingeregeld. Er is recent een proces onder regie van ElaadNL gestart om in 2022 via de NAL-regio's prognoses voor benodigde laadinfrastructuur te ontwikkelen. Bus is daar onderdeel van.
5. Kansen voor *directe* koppeling tussen grootschalige opwek van zon en wind en afname voor bussen zijn bij de testcases aanwezig, maar niet talrijk.
 - a. Veel opweklocaties liggen ver van geschikte afnamelocaties vandaan. De vraag is of dit in andere regio's ook het geval is.
 - b. Voor bussen liggen kansen bij (energie)hubs in ontwikkeling, ook met betrekking tot het gedeeld optimaliseren van infrastructuur en waterstof.
 - c. Voor regionaal spoor is met name een directe koppeling met zonnevelden realistisch, zij het met vermogens beperkt tot ongeveer 3 MW.
 - d. Zon op dak biedt met name kansen voor de invulling van de energiebehoefte bij gebouwen en voorzieningen voor OV en spoor en kleinere laadlocaties en (mobiliteits)hubs.
6. De vervoerswereld herkent dat directe koppeling in theorie kansen biedt om onder andere problemen met netinpassing te omzeilen. Toch is dit voorsnog geen drijfveer om laadlocatie/-strategieën aan te passen op (toekomstige) locaties van opwek. Toekomstige (energie)hubs vormen hierop mogelijk een uitzondering.
7. Bij het bepalen van toekomstige laadlocaties wordt nog niet (of nauwelijks) integrale afweging gemaakt van maatschappelijke kosten van verzwaring van het net en exploitatie van de OV concessie.

Conclusies: kanskaart en belanghebbenden

Over de hypothese dat een kanskaart belanghebbenden kan helpen bij het identificeren van kansen voor koppeling concluderen wij:

1. Een **gesprek** aan de hand van een kanskaart kan voor betrokkenen werken als een trigger om **anders te kijken** naar de koppeling van de werelden van energie en vervoer.
2. De **relevantie** van een kanskaart en de **behoefte** van betrokkenen is onder andere afhankelijk van de **timing** (in relatie tot de volgende aanbesteding) en of er **eisen en wensen** aan de orde zijn omtrent regionaal energiegebruik, laadinfrastructuur en –locaties.
3. De **beschikbaarheid en kwaliteit van data** over opwek en het elektriciteitsnet bepaalt mede of het ontwikkelen van een laagdrempelige, bruikbare kanskaart voor een regio **haalbaar of werkbaar** is, en opweegt tegen de toegevoegde waarde. Het verzamelen van bruikbare data kost idealiter weinig moeite, opdat alle aandacht uit kan gaan naar het (verder) ontwikkelen van relevante scenario's voor een specifieke regio.
4. Het is voor **concessieverleners, vervoerders en netbeheerders** van belang om ruim voor een aanbesteding te kijken naar **geschikte laadlocaties** op basis van prognoses van de vraag vanuit OV en spoor. Hiermee kan de **impact op het elektriciteitsnet** worden bepaald. Het is zinvol rekening te houden met verschillende scenario's. Hierin werken concessieverleners en netbeheerders al samen, maar mogelijk kan de kanskaart en de gebruikte (reken)methodiek van toerekening van de vraag hierbij van waarde zijn.
5. Indien er een eis of wens is in een aanbesteding voor realiseren van **directe lokale koppeling** van opwek en afname dan is voor **concessieverleners, vervoerders** een regionale kaart met informatie over (mogelijke) locaties van opwek, hubs, risico op netcongestie en punten van afname van waarde voor het identificeren van kansen. Dat kan vervolgens aanleiding zijn om die kans (los van de kanskaart) met betrokkenen nader te onderzoeken.
6. Indien er een eis of wens is in een aanbesteding voor het **gebruik van regionaal** of in Nederland **opgewekte hernieuwbare energie**, administratief gekoppeld via GvOs, dan is voor **vervoerders** een actueel overzicht van alle opwekprojecten (in ontwikkeling) van waarde. Het is wenselijk dat ontwikkeling en beheer daarvan bij NP RES of de energieregio's blijft liggen, en niet bij de vervoerswereld (in een kanskaart). Dat overzicht is in ontwikkeling, maar het kan nog enige tijd duren voor die beschikbaar komt. Tot die tijd kunnen de afzonderlijke RESsen worden geraadpleegd.

5.3 Aanbevelingen

We doen op basis van de conclusies de volgende aanbevelingen voor het vervolg:

1. Verken in hoeverre het wenselijk is te eisen in aanbestedingen dat de energievraag voor OV en bus wordt ingevuld met **regionaal opgewekte energie**.
2. Verken op welke wijze een meer **integrale afweging** tussen maatschappelijke kosten van de verzwaring van het net en de exploitatie van de OV concessie tot stand kan komen.
3. Completeer het **landelijk beeld voor energievraag voor OV bus**. Verken¹ met ElaadNL, de NAL-regio's en DOVA hoe (dit deel van) de kansenskaart van waarde kan zijn voor het net opgestarte **prognoseproces**.
4. Over de **kansenskaart**:
 - a. Overweeg de ontwikkeling van een kansenskaart² voor een regio indien er sprake is van een aanbesteding, relevante eisen/wensen en beschikbare data omtrent opwek en netcapaciteit.
 - b. Zorg voor de start van de ontwikkeling van een kansenskaart altijd voor goede afspraken en de juiste **regie** om partijen en data bij elkaar te brengen op het juiste niveau. Veel data is beschikbaar, maar wordt niet vrijgegeven vanwege bestuurlijke of bedrijfseconomische barrières.
 - c. Houd rekening met een significante inspanning voor het uniformeren, opschonen en aanvullen van data richting de kansenskaart.

Bijlagen

Bijlage A. Totstandkoming

A.1 Proces en betrokkenen

Er is voor deze verkenning gekozen voor een aanpak waarbij er op basis van een hypothese op iteratieve wijze twee testcases van een kansenskaart zijn ontwikkeld. Doel was het verkennen van de mogelijke (toekomstige) meerwaarde van het instrument, vanuit de behoefte van betrokken spelers en de bepalende factoren bij kansen voor koppeling. Focus zat dus op leren rond de methodiek en niet op het daadwerkelijk uitdiepen van specifieke kansen in de testcase regio's. Er is gewerkt met vanuit een 'minimum viable product'-gedachte, bewust van grof naar fijn en binnen kaders van tijd en geld. Er is geen informatie in de rapportage opgenomen die impact zou kunnen hebben op de voorgenomen aanbestedingen van concessies in de testcase regio's. De resultaten van deze verkenning zijn tot stand gekomen met medewerking van:

- Alliander
- Arriva
- CROW
- DOVA
- Enexis
- Firan
- Groene Metropoolregio Arnhem-Nijmegen
- Programma RES Arnhem-Nijmegen
- Programma RES West Brabant
- ProRail
- Provincie Gelderland
- Provincie Noord-Brabant
- Rijkswaterstaat
- Transdev

A.2 Keuze regio's voor testcases

Hoewel de hypothese voor deze verkenning in beginsel met een testcase in elke concessiegebied / energieregio getoetst zou kunnen worden is er een bewuste keuze gemaakt. De volgende overwegingen hebben meegespeeld bij de keuze voor Arnhem-Nijmegen en West Brabant als regio voor een testcase:

- Duurzame ambities in de regio rond grootschalige opwek, zowel zon als wind, en mogelijk ook bijvoorbeeld ontwikkelingen rond hubs, waterstofeconomie, etc.
- Energieregio: inschatting vooraf dat data van voldoende kwaliteit zijn.
- Minimaal een van de twee regio's met regionaal spoor
- Gebieden met zowel stedelijk en streek karakter
- Verschillende betrokken vervoerders bij de twee testcases
- Verschillende betrokken netbeheerders bij de twee testcases
- Verloop van de concessietermijn in 2024/2025, omdat mogelijke inzichten in mogelijk in de voorbereiding kunnen worden meegenomen
- Bij voorkeur zoveel mogelijk overlap van het concessiegebied met het gebied van de energieregio.
- Tijd en bereidheid betrokkenen om medewerking te verlenen en data te delen

A.3 Bronnen – documenten

APPM, 2019. *Inventarisatie van uitdagingen voor Zero Emissie Busvervoer : Uitdagingen en acties ten behoeve van de doelstellingen van het bestuursakkoord*, sl: APPM management consultants.

CE Delft, 2019. *Energievraag- en aanbod OV- en Spoorsector tot 2050 Aanvulling op de Roadmap Duurzaam OV en Spoor*. Delft: CE Delft.

ElaadNL, 2017. *Marktverkenning elektrische bussen*, Arnhem: ElaadNL.

ElaadNL, 2019. *Naar 100% Z.E. in het OV, De ontwikkeling van elektrische bussen en hun laadlocaties in Nederland tot en met 2035 : Outlook Q3-2019*, Arnhem: ElaadNL.

Het Energie Bureau, 2020. *Verkenning naar rollen van de provincie Noord-Brabant in het energiesysteem*. Eindhoven: Het Energie Bureau.

Liander, 2021. *Impact van RES 1.0 op het energienet, RES regio Arnhem Nijmegen*

Platform Duurzaam OV en Spoor, 2020. *Duurzame energievoorziening voor OV en spoor: Opgaven, initiatieven, kansen*.

PWC, 2018. *Verbetering realisatie zero emissie busvervoer: Onderzoek naar ketenoplossingen voor tijdige levering van de aansluiting tegen de laagste maatschappelijke kosten*, Amsterdam: PricewaterhouseCoopers Advisory N.V.,.

RES Regio Arnhem Nijmegen, 2021. *RES 1.0, Regionale Energiestrategie Regio Arnhem Nijmegen*

RES West Brabant, 2021. *Regionale Energie Strategie 1.0 West-Brabant, “Onze nieuwe energie in 2030!”*

A.4 Bronnen – online

[Nationaal Programma Regionale Energiestrategie - Regionale Energiestrategie \(regionale-energiestrategie.nl\)](https://regionale-energiestrategie.nl)

[RES viewer en Analysekaarten NP RES - Regionale Energiestrategie \(regionale-energiestrategie.nl\)](https://regionale-energiestrategie.nl)

[Nationale Agenda Laadinfrastructuur - Nationale Agenda Laadinfrastructuur](#)

[Beschikbaarheid capaciteit per gebied | Liander](#)

[Gebieden met schaarste | Enexis Netbeheer](#)

[Home | Groene Metropoolregio Arnhem-Nijmegen](#)

[Oost-Nederland: hét living lab voor Smart Energy Hubs | Oost NL](#)

[Home - Synergiepark InnoFase](#)

[Trolleybus 2.0 gaat van start in Arnhem \(euregio.org\)](https://euregio.org)

[Innovatieve testen met trein op batterij | ProRail](#)

[Provincie gaat dieseltrein vervangen door waterstoftrein - Provincie Groningen](#)

[De Maaslijn | van de toekomst, comfortabel en op tijd](#)

Bijlage B. Toelichting gebruik kansenskaart

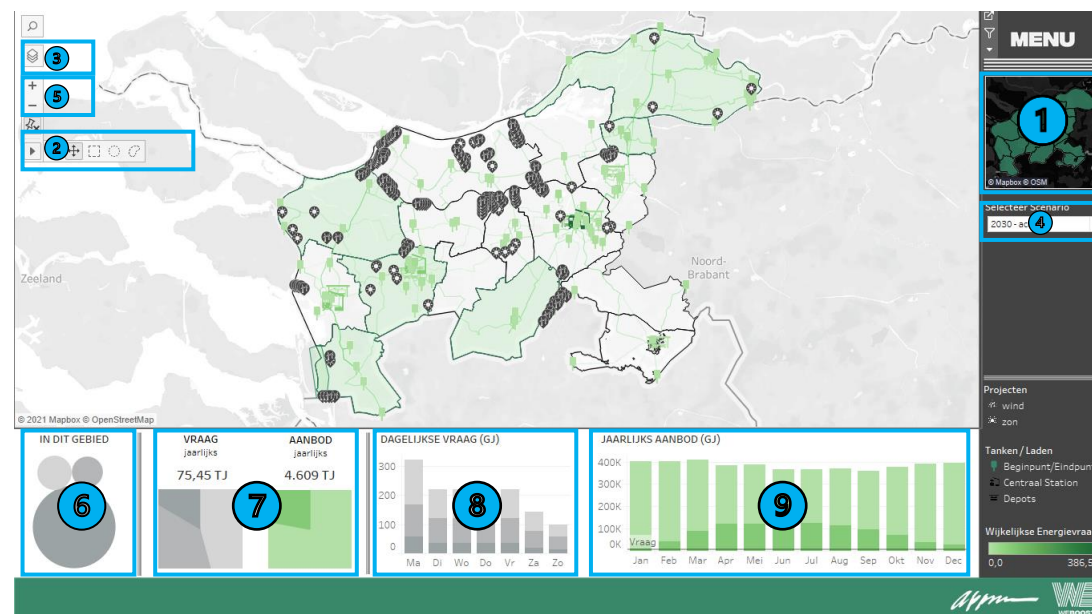
De kansenskaart is ontwikkeld in Tableau Public, en is bruikbaar op twee manieren:

1. Online, via bijv. Chrome, Edge of FireFox. Nadeel is dat de applicatie dan wat trager werkt. De online-versies zijn hier te vinden:
 1. [regio Arnhem Nijmegen](#)
 2. [regio West-Brabant](#)
2. In Tableau Reader, offline. Hiervoor dient eerst [Tableau Reader](#) te worden geïnstalleerd. Daarna kan de kansenskaart hierin worden geladen, de applicatie werkt dan sneller. Installatie van Tableau Reader vereist wel administrator rights op de gebruikte laptop of PC. De offline bestanden zijn meegeleverd met dit rapport.

Om kansen te verzilveren, kan gebruik worden gemaakt van de volgende functionaliteiten van de kaart, zie ook hiernaast:

1. Selectie-opties, waarmee delen van de regio kunnen worden geselecteerd. Er zijn de volgende mogelijkheden:
 - Overzicht van gehele regio (startscherm, of door bij [1] buiten de gekleurde gemeenten te klikken)
 - Per gemeente, door te klikken op een gemeente bij [1]
 - Zelf selecteren, door gebruik te maken van de selectietools bij [2]
2. Aan- en uitzetten van kaartlagen, zoals E-hubs, congestiedata, lijnennet en gemeentegrenzen bij [3]
3. Selecteren van scenario's bij [4]
4. Zoomen kan met de muis, of met een van de opties bij [5]
5. Wanneer met de muis over een object in de kaart wordt bewogen, wordt aanvullende informatie getoond

6. De energievraag per maand voor het geselecteerde gebied is te vinden bij [6]
7. Vraag en aanbod van energie zijn weergegeven bij [7], verdeeld over depots, stations en begin- en eindpunten (bij de vraag vanuit het OV) en verdeeld over zon en wind (bij het aanbod vanuit de RES)
8. Bij [8] is de verdeling van de energievraag over de dagen te zien
9. Bij [9] is de verdeling van vraag en aanbod van energie over de maanden te zien, waarbij het aanbod van zon en wind afzonderlijk is weergegeven.



Bijlage C. Ontwikkeling model en kansenskaart

C.1 Werkwijze

Doel van de kansenskaart is het geografisch inzichtelijk maken van de locaties van energievraag- en aanbod, om koppelkansen te identificeren. Om dit te realiseren is de energievraag van het openbaar vervoer vertaald naar afnamepunten. Deze afnamepunten zijn, samen met het energie-aanbod vanuit de RES, weergegeven in een interactieve geografische viewer. Deze viewer is gemaakt in het programma Tableau, voor het huidige project is hiervoor een gratis versie gebruikt (Tableau Public).

Per regio is een afzonderlijke kansenskaart ontwikkeld. De kansenskaarten zijn op identieke wijze tot stand gekomen, en geven dezelfde informatie weer.

C.2 Aannames

Om de kansenskaart te ontwikkelen zijn de volgende aannames gedaan:

- Aanbod energie vanuit de RES
 - Jaaraanbod van zonne-energie o.b.v. opgave RES 1.0 (realisatiejaar en jaaropbrengst), verdeeld over de maanden o.b.v. [Europese data](#)
 - Jaaraanbod van windenergie o.b.v. opgave RES 1.0 (realisatiejaar en jaaropbrengst), verdeeld over de maanden o.b.v. [Global Windatlas](#)
 - Bij onbekend realisatiejaar is voor projecten die vergund zijn of in de harde pijplijn zitten, 2025 aangehouden, en voor overige projecten 2030
 - Voor energieregio West-Brabant is een deel van de RES-opgave geografisch niet exact gelokaliseerd. Voor windprojecten is een locatie (terrein/polder) benoemd, in de viewer wordt dit als projectlocatie aangehouden. Zonneparken zijn per gemeente opgegeven, hiervoor is een punt weergegeven in het midden van de gemeente.

- Energievraag OV
 - [Routes](#), [haltes](#) en [intensiteiten](#) o.b.v. OpenOV-data uit 2021
 - Remises/depots en opstelreinen op basis van [Wiki OV in Nederland](#)
 - Energieverbruik op basis van gemiddeld verbruik per dienstregelskilometer (drkm) per concessie, op basis van [CROW-gegevens](#) uit 2019 (meest recente representatieve jaar)
 - Onderstations o.b.v. PDOK-data (treinen) en opgave Transdev (trolleybussen)
 - Laad- en/of tankpunten zijn nog niet aanwezig in beide regio's
 - Toekenning van voertuigen aan depots (waar wordt in de nacht geladen?) vindt plaats o.b.v. kortste afstand tot begin- of eindpunt van de lijn
- Congestiegegevens
 - Actuele invoed- en afnamekaarten waren niet tijdig beschikbaar, daarom is een link opgenomen naar de kaart van Netbeheer Nederland
- De aannames in de scenario's hebben we opgenomen in een overzicht op de volgende pagina. Belangrijke uitgangspunten hierbij zijn:
 - We gaan uit van een efficiencyverbetering van voertuigen, o.b.v. een studie van CE Delft (*Energievraag- en aanbod OV- en Spoorsector tot 2050, Aanvulling op de Roadmap Duurzaam OV en Spoor*, CE Delft, december 2019), met 50% in 2030 bij transitie naar elektrisch vervoer, en 25% in 2030 bij transitie naar waterstof. In 2025 hanteren we de helft van deze efficiencyverbetering
 - Voor de scenario's met accu's zijn we uitgegaan van 10 minuten opportunity charging op begin- en eindpunten van lijnen, en daarnaast op belangrijke stations (Arnhem Centraal en Nijmegen in regio Arnhem-Nijmegen, en Breda, Roosendaal en Bergen op Zoom in regio West-Brabant), omdat daar veel bussen wat langer halteren. De resterende energievraag wordt in de nacht in depots geladen

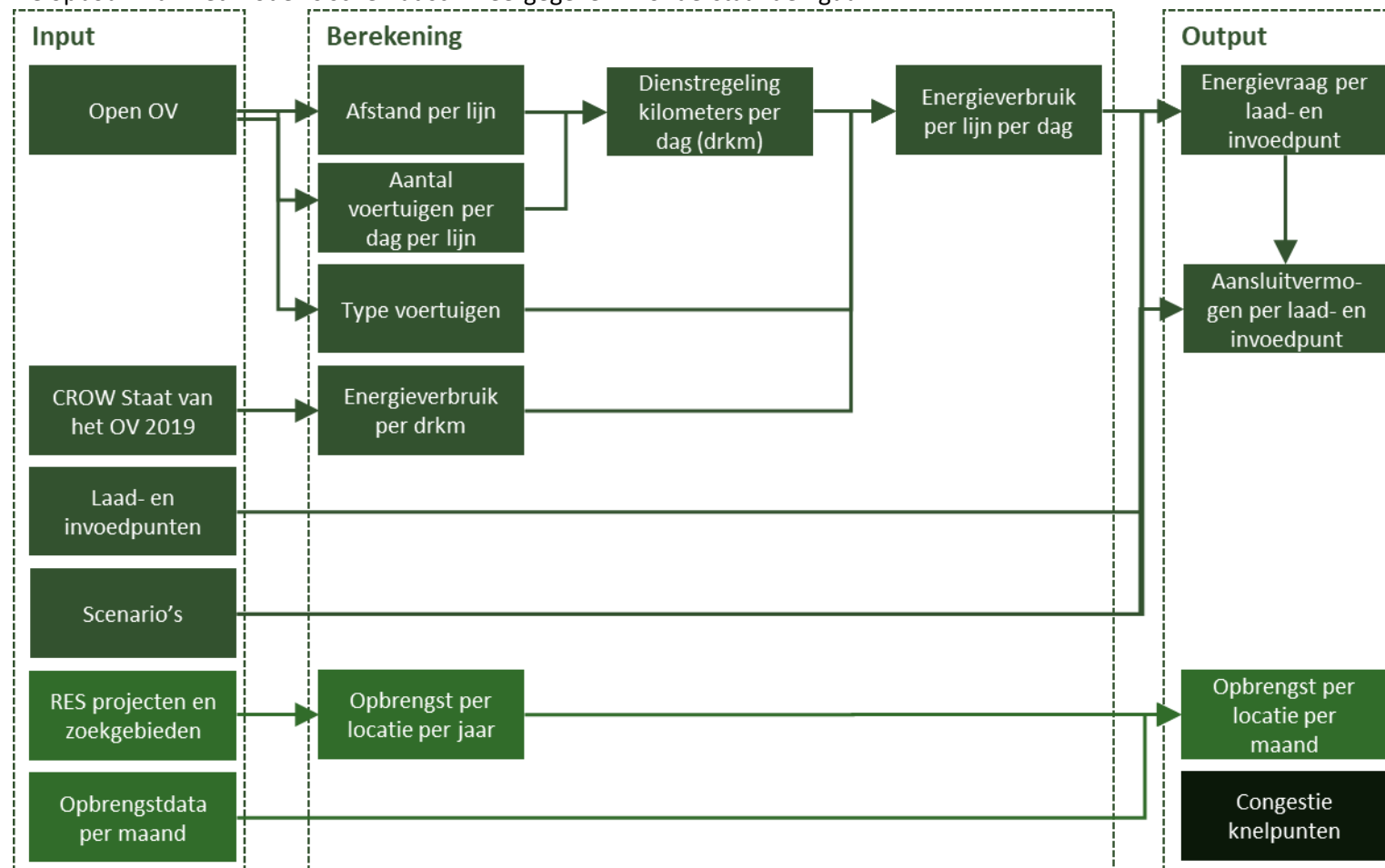
De aannames per scenario zoals die gehanteerd zijn in de kanskaart, hebben we in onderstaand overzicht opgenomen.

Aspect	Scenario				
	2021	2025 Waterstof	2025 Accu's	2030 Waterstof	2030 Accu's
Energievraag regionale treinen ¹	Opstelreinen, diesel	Onderstations (Maaslijn, buiten regio Arnhem-Nijmegen) Opstelreinen (overige spoorlijnen)	Diesel (m.u.v. Maaslijn, is dan geëlektrificeerd)	Onderstations (Maaslijn, buiten regio Arnhem-Nijmegen) Opstelreinen (overige spoorlijnen)	Accu's, overnight charging op opstelreinen, m.u.v. Maaslijn (is dan geëlektrificeerd)
Energievraag bussen	Bussen: remises Trolleybussen ¹ : onderstations	Bussen: remises Trolleybussen ¹ : onderstations	Bussen: 10 min. opportunity charging met 350 kW op begin- en eindpunten van lijnen en op centrale stations, rest overnight charging tussen gem. 19:00 en 6:00 met 50 kW in remises Trolleybussen ¹ : onderstations	Bussen: remises Trolleybussen ¹ : onderstations	Bussen: 10 min. opportunity charging met 350 kW op begin- en eindpunten van lijnen en op centrale stations, rest overnight charging tussen gem. 19:00 en 6:00 met 50 kW in remises Trolleybussen ¹ : onderstations
Energieverbruik voertuigen	100.0%	87.5% van 2021	75.0% van 2021, m.u.v. dieseltreinen (verandert niet)	75.0% van 2021	50.0% van 2021
Aanbod van energie	Gerealiseerd	Harde pijplijn en/of vergunde projecten	Harde pijplijn en/of vergunde projecten	RES-opgave, m.u.v. van na 2030	RES-opgave, m.u.v. van na 2030

¹ : Alleen van toepassing in regio Arnhem-Nijmegen

C.3 Model

De opbouw van het model is schematisch weergegeven in onderstaande figuur



C.4 Beeld (maximale) vermogens remises

Om een eerste beeld te krijgen van de mogelijke¹ toekomstige vermogens op remises hebben we op basis van de aannames en het model achter de kansencarta een berekening gedaan van een scenario zonder opportunity charging met batterij elektrische bussen, met de verwachte efficiency in 2025. De resultaten staan hieronder weergegeven.

Testcase Arnhem-Nijmegen

Stalling	Aansluitvermogen (kW)
Arnhem	6800
Arnhem (trein opstellocatie)	3850
Bemmel	300
Duiven	1800
Nijmegen	5950

Testcase West Brabant

Stalling	Aansluitvermogen (kW)
Roosendaal	1700
Baarle-Nassau	150
Bergen op Zoom	1500
Oosterhout	2000
Breda – Slingerweg	1750
Breda – Druivenstraat	5300

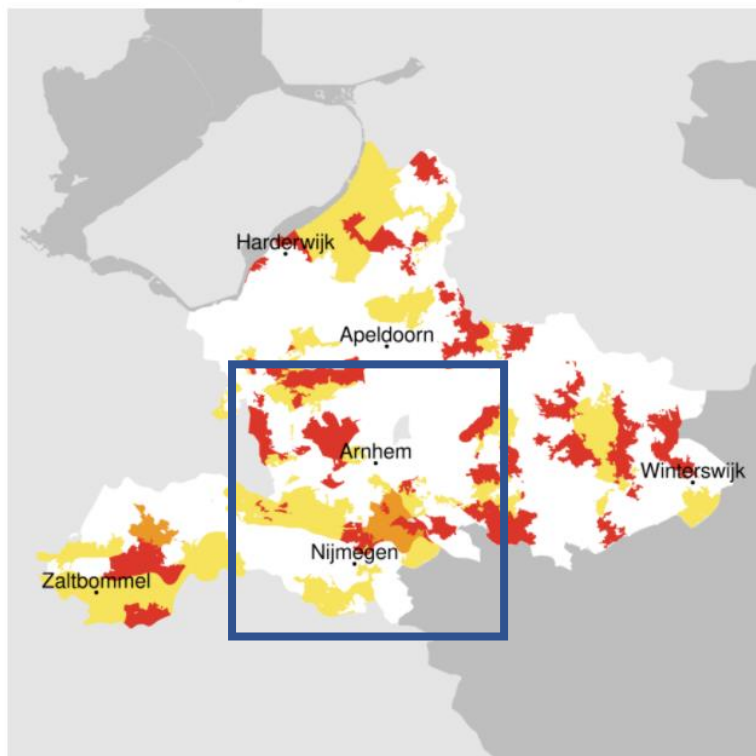
C.5 Kansencarta: potentiële functionele wensen

Indien (alsnog) voor een regio besloten wordt een kansencarta te ontwikkelen, dan kan er, met een duidelijke toepassing voor ogen, gedacht worden aan één of enkele van de volgende functionele uitbreidingen:

- Betere informatie over knelpunten op het net, zowel qua invoeden (huidige congestiecarta) als qua afnamepunten (niet publiek beschikbaar op dit moment). Juist de knelpunten op het net bepalen waar directe koppelingen nodig kunnen zijn, of waar kansen liggen
- Realistischer verbruiksgegevens. Op dit moment werkt de kansencarta relatief grof, met een gemiddeld energieverbruik per regio o.b.v. cijfers uit 2019. Er zijn ook actuelere gegevens per lijn (via CROW KpVV), maar deze zijn tijdens de ontwikkeling van de kansencarta niet beschikbaar gesteld. Actuelere gegevens maken de prognoses nauwkeuriger, vooral omdat er verschillen zullen zijn tussen bijv. stedelijke en landelijke gebieden, maar ook omdat er verschillen zijn tussen geplande (de hier gebruikte OpenOV-data) en gerealiseerde (CROW-gegevens) dienstregelingskilometers
- Toevoegen van aanvullende laadstrategieën (vb. een met focus op overnight-charging) en opslagscenario's, zodat de kansencarta breder bruikbaar wordt
- Toevoegen van extra verkeersmodaliteiten, zoals het hoofdspoor, trams en metro's voor bredere toepasbaarheid in meer regio's
- Toevoegen van eigen opwek- en opslagmogelijkheden op laadpunten en depots. Dit geeft meer inzicht in het benodigde aansluitvermogen
- Meenemen van ontwikkelingen in openbaar vervoer, zoals nieuwe lijnen of een toe- of afname van het aantal voertuigen
- De tool automatisch mogelijk interessante (nieuwe) laadlocaties laten bepalen (berekenen), gegeven vraag, aanbod en risico op netcongestie.

Bijlage D: Beeld transportschaarste elektriciteitsnet

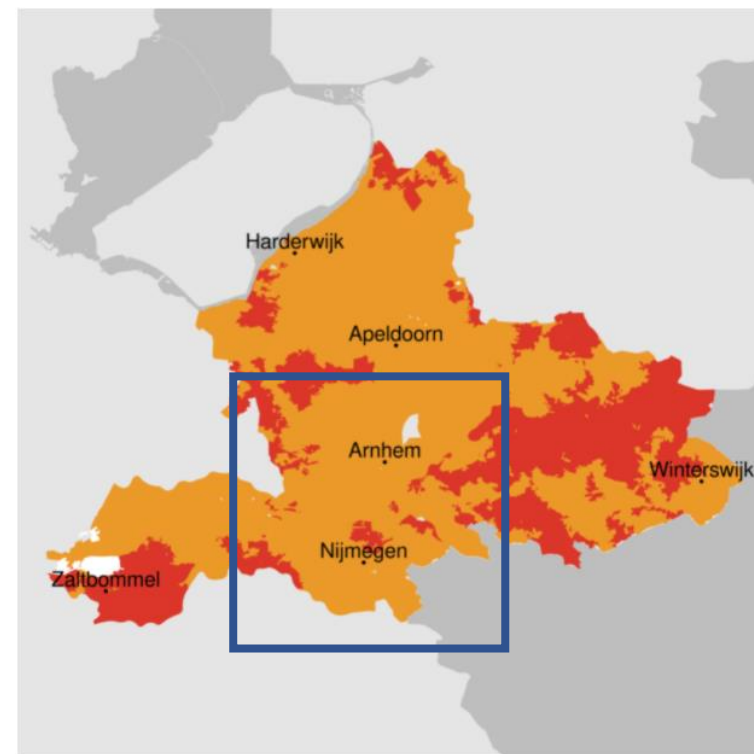
Beschikbare capaciteit afnemen Gelderland



- geen transportcapaciteit beschikbaar
- geen transportcapaciteit beschikbaar; congestiemanagementonderzoek wordt uitgevoerd
- beperkt transportcapaciteit beschikbaar
- transportcapaciteit beschikbaar

De knelpunten op deze kaart betreffen alleen grootverbruik aansluitingen. Dit zijn zakelijke aansluitingen groter dan 3x80 ampère.

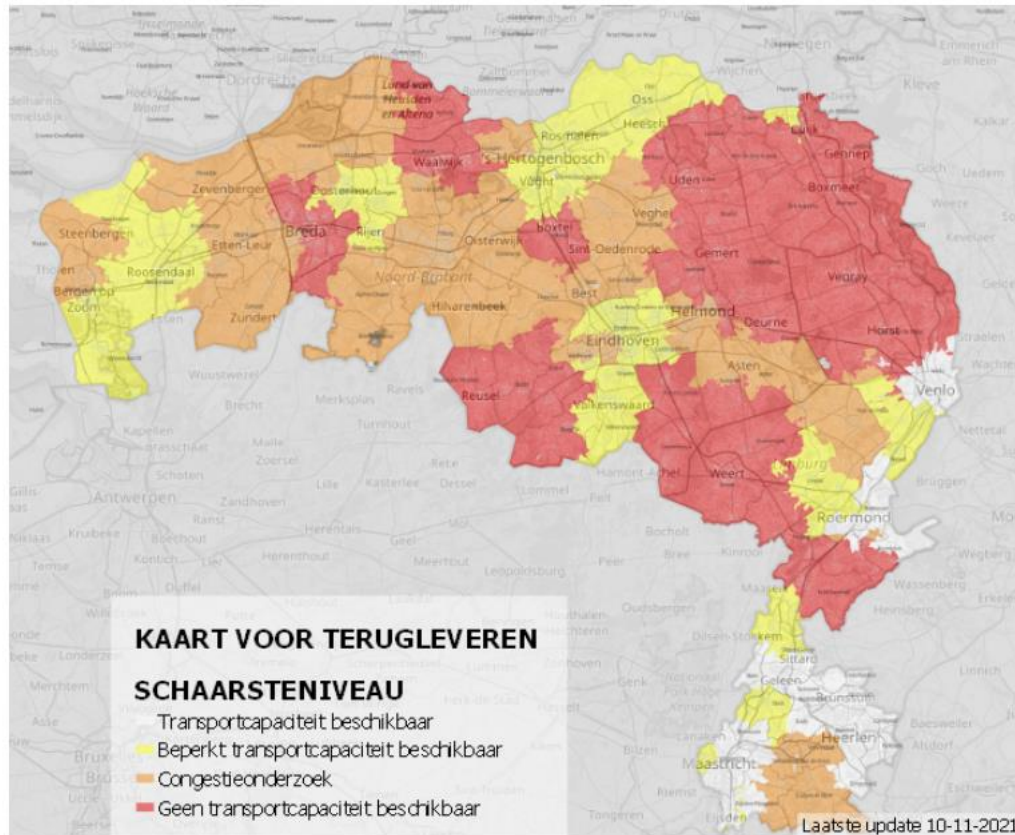
Beschikbare capaciteit terugleveren Gelderland



- geen transportcapaciteit beschikbaar
- geen transportcapaciteit beschikbaar; congestiemanagementonderzoek wordt uitgevoerd
- beperkt transportcapaciteit beschikbaar
- transportcapaciteit beschikbaar

De knelpunten op deze kaart betreffen alleen grootverbruik aansluitingen. Dit zijn zakelijke aansluitingen groter dan 3x80 ampère.

Er is nog vooralsnog geen transportschaarste bij afname in dit gebied.



De informatie op deze kaart is altijd een indicatie en u kunt hier geen rechten aan ontleen. De kaarten worden regelmatig geactualiseerd, maar specifieke situaties in ons net kunnen afwijken van wat u op de kaart ziet.

Colofon

Contactpersonen

APPM

Alex Hendriks

hendriks@appm.nl

+31 6 30 29 17 68

We-Boost

Pieter Boon

pieter@we-boost.nl

+31 6 10 03 94 54