

## NOTITIE ENERGIESYSTEEM

---

Onderwerp            Notitie energiesysteem planMER RES GMR Arnhem-Nijmegen  
Project                planMER RES GMR Arnhem-Nijmegen  
Opdrachtgever      Groene Metropoolregio Arnhem-Nijmegen  
Projectcode          134281  
Status                Definitief  
Datum                 23 mei 2023  
Referentie           134281/23-008.721  
Auteur(s)            R. de Jong MSc

Gecontroleerd door    T. Reimer MSc  
Goedgekeurd door    T. Reimer MSc  
Paraaf



---

## 1 INTRODUCTIE

De Groene Metropoolregio Arnhem-Nijmegen (hierna: de regio) heeft een bod gedaan om 1,62 TWh duurzame elektriciteit grootschalig op te wekken in 2030. Dit is de bijdrage van de regio aan de nationale opgave van 35 TWh duurzame elektriciteit op land. Dit bod is vastgelegd in de RES 1.0. Met dit bod zet de regio een eerste stap op weg naar de 3,5 TWh die nodig is voor de Gelderse doelstelling van 55 % CO<sub>2</sub>-reductie in 2030. De regio wil deze doelstelling onder andere realiseren door de ontwikkeling van zonnevelden, grootschalig zon op dak en windturbines. In het bod is hiervoor uitgegaan van een verhouding van 89 % opgesteld vermogen aan zonnevelden en zon op dak, en 11 % opgesteld vermogen aan windturbines.

De regio heeft erkend dat de verhouding tussen zon en wind in het bod uit de RES 1.0 niet evenwichtig is. De capaciteit van het elektriciteitsnet wordt namelijk niet optimaal benut. Daarnaast zorgt de verhouding uit de RES 1.0 tussen zon en wind voor hogere kosten, omdat elektriciteitsnetten uitgebreid en verzaard moeten worden, enkel voor de inpassing van zonne-energie. In de RES 1.0 hebben de deelnemers afgesproken te werken aan een betere verhouding tussen zon en wind. Daarom verkent de regio extra gebieden boven op de zoekgebieden voor wind om tot een meer evenwichtige verhouding te komen tussen wind en zon. Dit legt de regio vast in de RES 2.0.

Om dit te verkennen is een planMER opgesteld. Voor dit planMER zijn vier alternatieven ontwikkeld om de effecten van windturbines en zonnevelden in de regio vanuit verschillende invalshoeken te onderzoeken. Hierbij wordt inzichtelijk gemaakt wat de milieueffecten van zonnevelden en windturbines zijn in de regio. Dit helpt de regio in de verkenning naar gebieden in de regio die geschikt, geschikt te maken en niet geschikt zijn voor opwek van grootschalige duurzame energie. Voor meer achtergrondinformatie over het voornemen en het vervolgproject wordt verwezen naar het hoofdrapport planMER.

In deze notitie worden de mogelijkheden vanuit het energiesysteem globaal onderzocht. Hiervoor is gekeken wat de verwachte netcapaciteit is in 2030 en of een voorkeur valt te herleiden voor wind- of zonne-energie in bepaalde gebieden van de regio. Voor het opstellen van deze notitie is samengewerkt met Liander, de regionale netbeheerder. Deze notitie is een integraal onderdeel van het hoofdrapport planMER.

In hoofdstuk 2 wordt de achtergrond geschetst. Hoofdstuk 3 geeft per onderstation inzicht in de wenselijkheid van windturbines en zonnevelden in het kader van systeemefficiëntie. Hoofdstuk 4 beschrijft vervolgens de aanbevelingen ten aanzien van het energiesysteem.

## 2 ACHTERGROND

Op basis van de aangeleverde gegevens vanuit de regio over de RES 1.0 heeft Liander eerder een [netimpact-analyse](#) opgesteld. Hiermee heeft Liander een analyse gemaakt van de impact van de keuzes op de elektriciteitsinfrastructuur. Op stations niveau is inzichtelijk gemaakt waar nog capaciteit beschikbaar is en waar knelpunten ontstaan. Op deze stations wordt grootschalige duurzame opwek rechtstreeks aangesloten. De analyse leverde het volgende beeld op:

- de aangeleverde ambitie binnen de zoekgebieden uit de RES 1.0 past niet binnen het huidige elektriciteitsnet;
- Liander verwacht dat tot 2030 op 3 van de 8 hoogspanningsstations de maximale capaciteit bereikt wordt. Oplossingen zijn het bijbouwen van 2 stations en uitbreiden van 1 bestaand station. Procentueel gezien kan circa 25 % van de duurzame opwek in de RES 1.0 niet worden aangesloten op de dichtstbijzijnde hoog- en middenspanningsstations (HS/MS). Op 4 HS/MS stations van de totaal 7 HS/MS stations binnen de regio is tot 2030 voldoende capaciteit voorzien. Hier is nog extra ruimte om energie af te nemen en/of duurzame opgewekte energie te leveren aan het elektriciteitsnet. Procentueel gezien is circa 25 % van de duurzame opwek in de RES 1.0 niet direct aan te sluiten op de bestaande HS/MS stations, op andere stations is echter evenveel ruimte over. In het ideale geval kan de hoeveelheid dus binnen de bestaande netinfrastructuur worden ingepast.

Uit recente gegevens van Liander blijkt dat bovenstaande gegevens inmiddels alweer achterhaald is. Zo is door geopolitieke ontwikkelingen de energietransitie in een stroomversnelling gekomen. De vraag naar duurzame energie is sterk gegroeid, maar ook zijn meer en meer bedrijven hun bedrijfsdaken gaan benutten met grootschalige zon op dak installaties. Hierdoor is er ook een toename van de levering vanuit bedrijven aan het net. De verwachting is dat dit richting 2030 blijft groeien, waardoor de druk op het elektriciteitsnet vanuit zonne-energie blijft groeien. Daar komt bij dat de opstelling van de zonnepanelen een belangrijke invloed heeft op een netcapaciteit. Bij een oost-west oriëntatie is de verdeling op het elektriciteitsnet gunstiger dan bij een zuidoriëntatie.

Een meer gelijkmatige verdeling in het opgesteld vermogen van zonne-installaties en windturbines is gewenst om te zorgen voor balans op het elektriciteitsnet. Dit komt deels voort uit het principe dat het meestal waait als er geen zon is en vice versa. Ook kan met dezelfde infrastructuur met windenergie tot wel drie keer zoveel energie opgewekt worden als zon met een minimaal verlies aan opgewekte energie

## 3 SYSTEEMEFFICIËNTIE

Samen met Liander is per onderstation in de regio in kaart gebracht hoe de toekomstige verhouding tussen wind- en zonne-energie eruit ziet. In deze analyse zijn de volgende aspecten meegenomen:

- de capaciteit per onderstation, inclusief concrete uitbreidingsplannen en nieuwe onderstations tot 2030. Dit is de streefdatum van het realiseren van de doelen uit de RES 1.0;
- de huidige hoeveelheid aangesloten zon en wind per onderstation;
- pijplijn-projecten voor wind- en zonne-energie waarvoor al een netaansluiting is aangevraagd;
- huidige gemeten terugleverpiek op het onderstation;
- de verwachte groei van zon op dak tot 2030. De verwachting is dat door de ontwikkeling van zon op kleine en grote daken het elektriciteitsnet verder wordt belast. Hiervoor heeft Liander een inschatting

- gemaakt van deze autonome ontwikkelingen. Gezien de beperkte sturingsmogelijkheden ten aanzien van zon op dak, wordt de verwachte groei in deze analyse als een gegeven beschouwd. Vervolgens wordt gekeken hoe wenselijk het is om daarnaast ook nog zonnevelden toe te voegen;
- voor de nieuwe onderstations is een grove inschatting gemaakt wat er aan bestaande opwek en autonome groei op deze onderstations zal landen. Daarnaast is van enkele pijplijn projecten al bekend dat deze op één van de nieuwe stations aangesloten zullen worden.

### Verhouding wind- en zonne-energie

Uit een intern uitgevoerde analyse waarbij de beperkingen in netcapaciteit expliciet meegenomen worden in modelberekeningen blijkt dat een verhouding zonne-energie/windenergie van 30 % - 70 % het meest optimaal is. Met deze verhouding kan de meeste duurzaam opgewekte energie aan het elektriciteitsnet worden geleverd bij een beperkte netcapaciteit. De verhouding is dus het optimum vanuit het perspectief van netinpassing. De uitwerking is echter van meer factoren afhankelijk. Met andere verhoudingen is meer netcapaciteit nodig om eenzelfde hoeveelheid energie te leveren. Dit heeft gevolgen voor onder andere de betaalbaarheid van de energietransitie.

Dit resulteert in de voorkeur voor windturbines of zonnevelden voor de verschillende onderstations in en rondom de regio (tabel 3.1). Hierbij is te zien dat Liander, op basis van de voor dit planMER beschikbare gegevens, verwacht dat er geen voorkeur bestaat voor het aansluiten van zonnevelden. Dit betekent niet dat er geen zonnevelden meer kunnen worden ontwikkeld, maar wel dat vanuit een optimaal gebruik van de resterende netcapaciteit windenergie de (sterke) voorkeur krijgt. Ook bestaat het risico dat het plaatsen van extra zonnevelden gaat concurreren met grootschalige zon op dak projecten op het gebied van netcapaciteit.

Tabel 3.1 Onderstations en voorkeur energietechniek

Naam onderstation	Verwachte groei zon op dak [MVA]	Voorkeur
OS ANGERLO 50 kV	30	zeer sterke voorkeur wind
OS ARNHEM 10 kV	24	voorkeur wind
OS BEMMEL 50 kV	62	zeer sterke voorkeur wind
OS DODEWAARD 150 kV	77	zeer sterke voorkeur wind
OS DRUTEN 10 kV	50	zeer sterke voorkeur wind
OS DUKENBURG 10 kV	19	zeer sterke voorkeur wind
OS EERBEEK 150 kV	42	zeer sterke voorkeur wind
OS ELST 150 kV	85	zeer sterke voorkeur wind
OS KATTENBERG 10 kV	30	zeer sterke voorkeur wind
OS NIJMEGEN 150 kV	163	zeer sterke voorkeur wind
OS OOSTERBEEK 10 kV	18	voorkeur wind
OS PRESIKHAAF 10 kV	40	voorkeur wind
OS RENKUM 10 kV	39	voorkeur wind
OS SINT ANNAMOLEN 10 kV	15	zeer sterke voorkeur wind
OS TEERSDIJK 150 kV	111	zeer sterke voorkeur wind
OS WINSELINGSEWEG	67	zeer sterke voorkeur wind
OS ZEVENAAR 150 kV	125	zeer sterke voorkeur wind
Nieuw: OS DUIVEN	-	zeer sterke voorkeur wind
Nieuw: OS OOSTERHOUT	-	voorkeur wind

Naam onderstation	Verwachte groei zon op dak [MVA]	Voorkeur
Nieuw: OS WYLERBERGMEER	-	zeer sterke voorkeur wind
Nieuw: OS BEUNINGEN	-	voorkeur wind

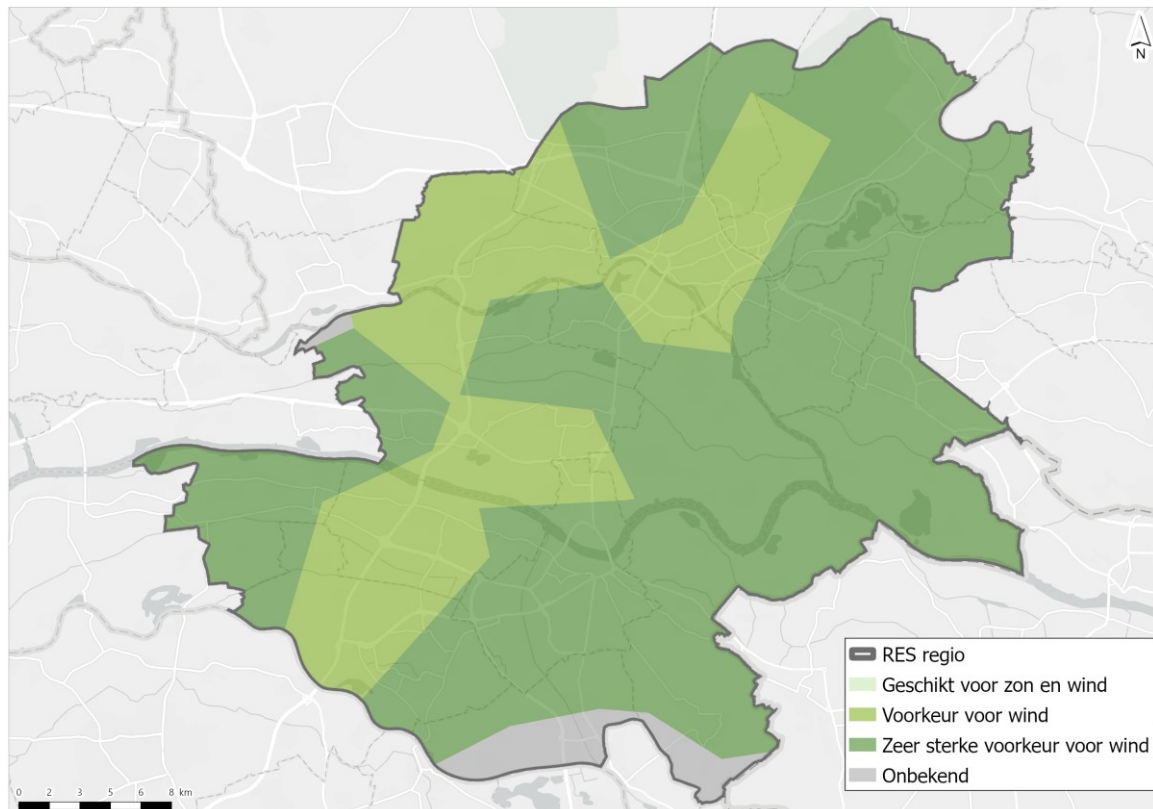
De resultaten uit tabel 3.1 zijn vervolgens op kaart in beeld gebracht. De locaties voor de nieuwe onderstations, indien nog niet bekend, zijn bij benadering geprojecteerd.

Afbeelding 3.1 toont allereerst de 'verzorgingsgebieden' van de onderstations. Hierbij is de Voronoi-methodiek toegepast in GIS. De Voronoi-methodiek heeft te maken met nabijheid en verdeelt de regio vanuit de onderstations in deelgebieden. Vanaf de randen van de Voronoi is het naar het ene onderstation even ver als naar het andere onderstation. Hiermee worden globaal de 'verzorgingsgebieden' van de onderstations gevisualiseerd voor aansluitingen >2MW. Hierbij geldt wel dat door belemmeringen, zoals een rivier, de keuze kan worden gemaakt om bijvoorbeeld een zonnenveld op een ander onderstation dan de dichtstbijzijnde aan te sluiten. Deze afwijkende keuze kan ook worden gemaakt op basis van netcapaciteit.

Er zijn een aantal gebieden die grijs zijn gekleurd. Hiervan is geen data bekend. Dit komt omdat de dichtstbijzijnde onderstations niet in eigendom zijn van Liander (zuidelijke deel regio) of buiten de regio Arnhem-Nijmegen vallen (westelijke deel).

Uit de kaart blijkt duidelijk dat er in de regio in 2030 vanuit netcapaciteit een voorkeur bestaat voor windenergie. Voor zonnenvelden bestaat vanuit netcapaciteit geen voorkeur. Dit is logischerwijs te verklaren door de grote hoeveelheid zon opwek die nu al op de onderstations is aangesloten en in de komende jaren nog bijgeplaatst gaat worden. Op sommige onderstations is de voorkeur wel sterker dan op anderen.

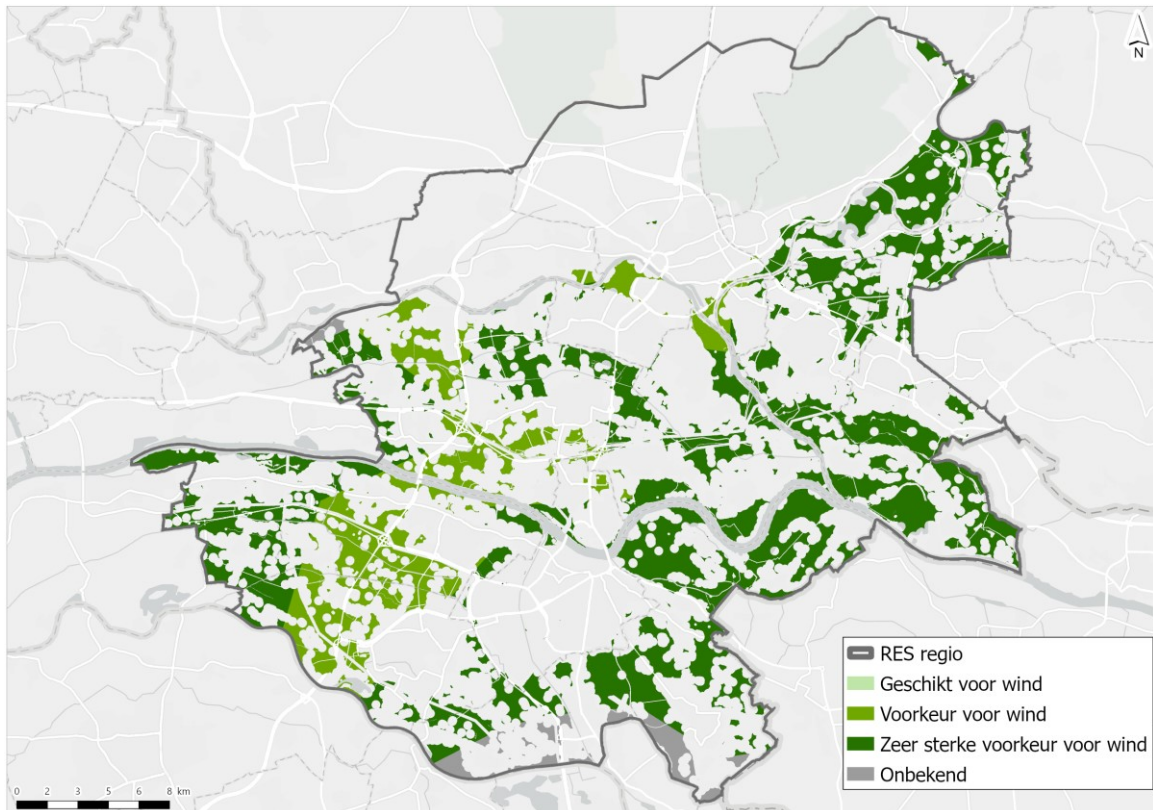
Afbeelding 3.1 Netcapaciteit onderstations



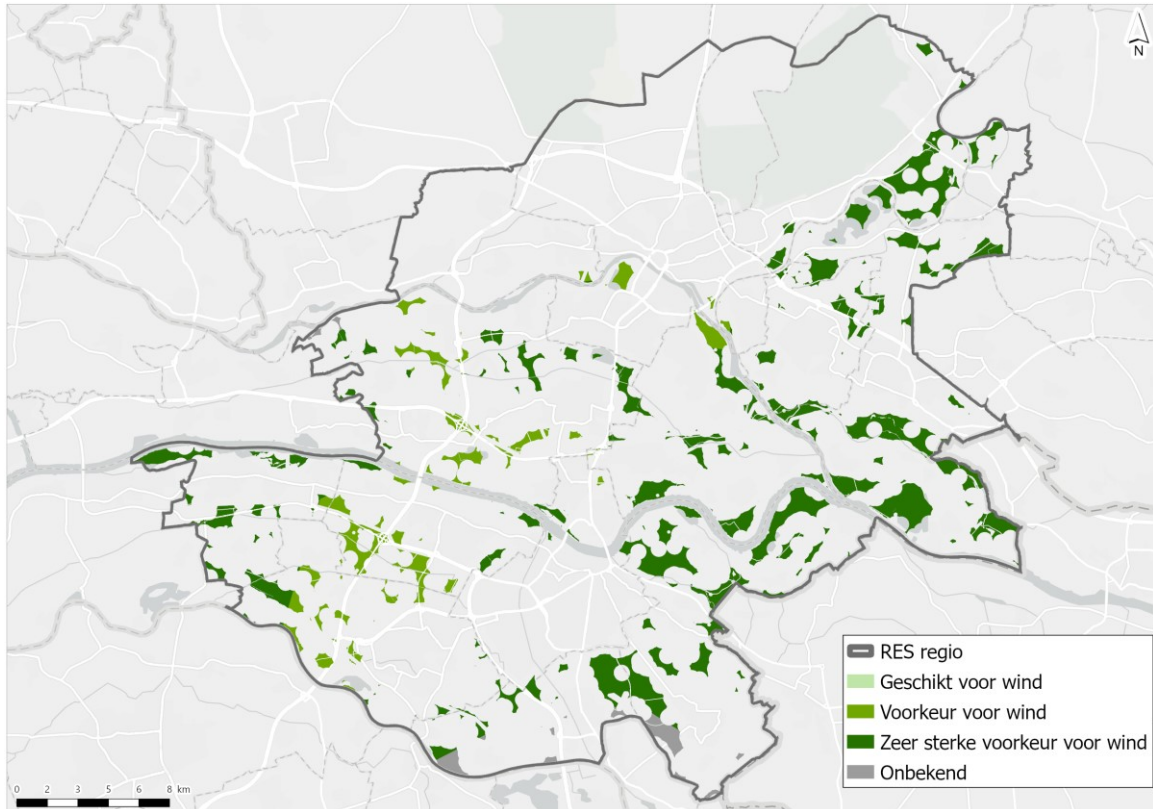
Om in beeld te brengen wat de mogelijkheden zijn voor wind- en zonne-energie en waar deze liggen, zijn vervolgens de harde belemmeringen toegepast. Dit zijn belemmeringen die ervoor zorgen dat windturbines of zonnevelden niet mogelijk zijn, zoals weidevogelgebieden en infrastructuur. De effecten die als sterk negatief zijn beoordeeld in het planMER zijn geen onderdeel van deze belemmeringen.

Afbeelding 3.2 toont de kaart voor windturbines met een ashoogte van 120 m, afbeelding 3.3 laat het beeld voor de windturbines met een ashoogte van 166 m zien. Op de kaart is duidelijk te zien dat er een sterke voorkeur bestaat voor windenergie in de regio. Vanwege de bescherming van de Wespandief is een zone van 1 km rond de Veluwe uitgesloten voor windenergie. Dit betekent echter niet dat windenergie niet kan worden aangesloten op de onderstations die in dit gebied liggen, zoals Kattenberg (ten noorden van Arnhem).

Afbeelding 3.2 Netcapaciteit windturbines met een ashoogte van 120 m

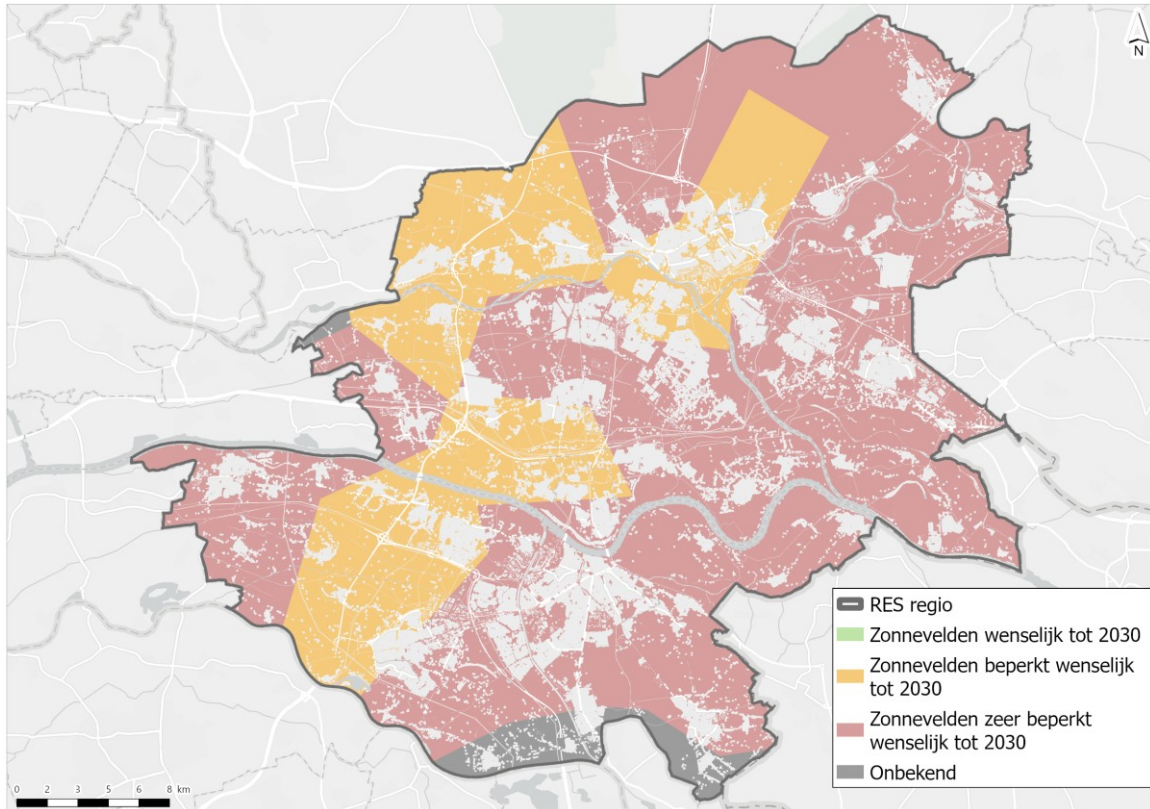


Afbeelding 3.3 Netcapaciteit windturbines met een ashoogte van 166 m



Afbeelding 3.4 toont de kaart met de wenselijkheid, redenerend vanuit netcapaciteit, voor zonnepanelen. Hieruit volgt dat in de regio de wenselijkheid hiervan grotendeels zeer beperkt is. De gebieden waar voor windturbines een zeer sterke voorkeur bestaat, hebben een zeer beperkte wenselijkheid voor zonnepanelen. Op elk onderstation in de regio Arnhem Nijmegen zal naar verwachting in 2030 minstens 50 % van de stationscapaciteit al worden benut door zon, waardoor extra zonnepanelen niet wenselijk zijn. Dit is puur redenerend vanuit de efficiëntie van het energiesysteem. Dit betekent dus niet per definitie dat er geen capaciteit is voor zonnepanelen. Om dat te toetsen, zal altijd een aanvraag bij Liander moeten worden gedaan.

Afbeelding 3.4 Netcapaciteit zonnevelden



#### Impact van netcongestie bij TenneT

In deze analyse is gekeken naar de wenselijkheid van wind ten opzichte van zon per onderstation. Momenteel heeft de volledige provincie Gelderland te maken met netcongestie op het hoogspanningsnet van TenneT voor teruglevering van elektriciteit. Deze congestie wordt met name veroorzaakt door de snelle groei van zon opwek in de afgelopen jaren. Aanvragen voor (extra) transportvermogen voor teruglevering zullen een transportbeperking krijgen tot de netcongestie is opgelost. Op kleinverbruik aansluitingen, zoals woningen, kunnen voorlopig nog wel zonnepanelen gelegd worden. Er wordt hard gewerkt aan innovatieve oplossingen om toch nog extra duurzame opwek (bijvoorbeeld buiten de piekmomenten) op het elektriciteitsnet kwijt te kunnen. Daarom, en omdat deze netcongestie volgens de huidige planning tussen 2027 - 2029 wordt opgelost, is het raadzaam om niet te stoppen met het maken van plannen om de doelen van 2030 te behalen. Daarbij is aandacht voor systemefficiëntie nu nog urgenter geworden.

## 4 AANBEVELINGEN

Uit voorgaande analyse blijkt dat de resterende netcapaciteit ook in de GMR Arnhem-Nijmegen ervoor zorgt dat er zorgvuldige keuzes moeten worden gemaakt tussen het ontwikkelen van wind- en zonne-energie. Om het energiesysteem zo efficiënt mogelijk te benutten, worden de volgende aanbevelingen gedaan, welke ook grotendeels in de netimpact-analyse van de RES 1.0 zijn opgenomen:

### 1 Evenwichtiger verdelen van opgesteld vermogen wind en zon:

In de verhouding tussen wind- en zonne-energie is nog veel ruimte voor verbetering, zeker als zon- en windprojecten kunnen worden gecombineerd tot één aansluiting. Positief voorbeeld is het combineren van zon en wind bij de Grift (Nijmegen). In de komende jaren, waarin netcapaciteit schaars is, is het goed om te beseffen dat zonnevelden concurreren met zon op dak projecten op het gebied van netcapaciteit.

## 2 **Energievraag en -aanbod combineren: minimaliseren van transport van energie:**

Er is veel potentie om vraag en aanbod meer te koppelen. Het is gunstig wanneer locaties waar energie wordt afgenomen, worden gekoppeld aan locaties waar duurzame energie wordt opgewekt. Dan hoeft er immers minder energie getransporteerd te worden. Daarom heeft de ontwikkeling rondom de industrieterreinen de voorkeur boven de ontwikkeling van duurzame opwek in het landelijk gebied.

## 3 **Clusteren van duurzame opwek projecten:**

Er liggen zeer veel kansen voor clustering. Dat houdt in dat een aantal grootschalige projecten in plaats van meerdere kleine projecten veel opleveren voor systeemefficiëntie. Mogelijkheden daarvoor liggen qua infrastructuur met name rondom de clusters Druten-Wijchen-Beuningen, Berg en Dal, en Duiven-Zevenaar.

## 4 **Overige oplossingen, zoals het aansluiten van wind en zon op één aansluiting (cable pooling), aftoppen van piekproductie, batterijopslag en benutten reservecapaciteit:**

- cable pooling levert heel veel op voor het efficiënt benutten van de netten. Door cable pooling wordt de capaciteit van het elektriciteitsnet veel beter benut. Door het combineren van zon en wind op één kabel kan tot wel vier keer zoveel energie getransporteerd worden dan alleen zon op dezelfde kabel;
- aftoppen (de piek afregelen zodra die voorkomt) levert veel op voor de netinfrastructuur, omdat de pieken niet meer gefaciliteerd hoeven te worden op het net;
- met batterijen kan de opgewekte energie lokaal (bij de bron) worden opgeslagen en aan het net worden geleverd als hiervoor capaciteit is. Denk hierbij bij het opslaan van zonnestroom op de momenten dat de zon fel schijnt, maar er weinig gebruik is;
- door het benutten van de reservecapaciteit en dus het loslaten van de redundantie (benutten vluchtstrook van het elektriciteitsnet) kan tot wel het dubbele van de huidige beschikbare netcapaciteit worden gebruikt voor duurzame opwek, zonder fysieke uitbreidingen te realiseren. Dit heeft een positieve impact op de ruimtelijke opgave vanuit de netinfrastructuur.

Bovenstaande maatregelen zijn algemene maatregelen en dienen per initiatief beschouwd te worden. Wel geldt dat hierbij afstemming tussen ontwikkelaars, de netbeheerder en het bevoegd gezag nodig is. Duidelijk is wel dat de mogelijkheden voor windenergie in de regio vanuit netcapaciteit meer gewenst zijn dan zonnevelden. Desondanks zijn er mogelijkheden om hier, door middel van slimme maatregelen, een combinatie van te maken, waarbij wind en zon complementair aan elkaar kunnen zijn, ook bij een beperkte netcapaciteit.

Bij de afweging van nieuwe zoekgebieden voor duurzame energie is het voor de regio belangrijk om, in het kader van de maatschappelijke kosten, rekening te houden met de uitkomsten uit deze analyse. Hierbij wordt opgemerkt dat deze analyse passend is bij het detail- en schaalniveau van het planMER. Zodra meer bekend is over de nieuwe zoekgebieden die in de RES 2.0 worden vastgelegd zal door Liander opnieuw gekeken worden hoe en wanneer deze het beste in te passen zijn in het elektriciteitsnetwerk.