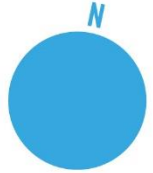


RES 1.0

NOORD-
HOLLANDSE
ENERGIE
REGIO



Energie infrastructuur

Noord-Holland Noord



Samen aan de slag!

Inhoud

1. Inleiding.....	4
2. De energie-infrastructuur in verandering	5
2.1 Voor elke energiedrager een eigen energie-infrastructuur	5
2.2 Vier grote veranderingen.....	6
2.3 Veranderingen vergen tijd, geld en ruimte	8
3. Energievraag en -aanbod in Noord-Holland	9
3.1 Elektriciteitsvraag en het RES-bod	9
3.1.1 Noord-Holland Noord	9
3.1.2 Noord-Holland Zuid	10
3.2 Totale energievraag in Noord-Holland	12
4. Toekomst van de infrastructuur	13
4.1 Opslag in batterijen	15
4.1.1 Functies van opslag.....	15
4.1.2 Twee categorieën opslag	16
4.2 Waterstof.....	17
4.2.1 Waterstofproductie.....	17
4.2.2 Waterstof in de gebouwde omgeving.....	18
4.2.3 Waterstof voor industrie en transport	18
4.3 Smart grids	19
4.3.1 Wat lost vraagsturing op?	20
4.3.2 Signalen en prikkels	21
4.3.3 Toekomst van smart grids.....	22
5. De RES en andere energietransitietrajecten	23

Colofon

Opgesteld door CE Delft

Geschreven door: Nina Voulis, Lucas van Cappellen, Reinier van der Veen

1. Inleiding

Voor heel veel dagelijkse activiteiten gebruiken we energie. De energie voor deze activiteiten komt nog steeds voornamelijk uit de fossiele energiebronnen aardgas, kolen en aardolie. Om verdere klimaatverandering tegen te gaan, stappen we over op duurzame energiebronnen zoals windenergie, zonne-energie, geothermie, enz.

Met de Regionale Energiestrategieën (RES'en) van Noord-Holland Zuid (NHZ) en Noord-Holland Noord (NHN) zoeken we ruimte voor grootschalige opwek van duurzame elektriciteit uit zonne- en windenergie. De windturbines en zonnepanelen zijn een cruciaal onderdeel van het duurzame energiesysteem van de toekomst. Tegelijk zijn ze slechts één van de vele onderdelen. Ons hele energiesysteem verandert. De RES is een onderdeel van de energietransitie als geheel.

Dit katern beschrijft de veranderingen in het energiesysteem als geheel. Het focust op de energie-infrastructuur. De energie-infrastructuur verbindt de energiebronnen met energiegebruikers. Niet alleen de opwek van duurzame energie via windturbines en zonnepanelen heeft invloed op de energie-infrastructuur, ook de groeiende elektriciteitsvraag door nieuwbouw, groeiend elektrisch vervoer, enz. heeft dat. Daarnaast komen er nieuwe energiedragers zoals waterstof. Ook hiervoor is infrastructuur nodig.

Dit katern geeft antwoorden op vragen over de ontwikkelingen in de infrastructuur in Noord-Holland. Het bestaat uit vier delen:

- De huidige infrastructuur en veranderingen door de energietransitie
- Vraag en aanbod van energie in Noord-Holland in 2020 en 2030
- De rol van opslag, waterstof en smart grids in de toekomstige infrastructuur
- De samenhang met andere trajecten naast de RES

2. De energie-infrastructuur in verandering

Om energie te vervoeren is infrastructuur nodig. Daarvoor gebruiken we kabels en leidingen. Zij zijn onderdeel van de energie-infrastructuur. Daarnaast zijn verbindingstukken (stations genoemd), opslaglocaties en omzettingslocaties onderdeel van de energie-infrastructuur.

Deze infrastructuur betalen we als gebruikers met zijn allen via de energierekening. Elke euro die geïnvesteerd wordt in deze infrastructuur zien we terug in de netbeheerkosten. De netbeheerders zijn verantwoordelijk voor de energie-infrastructuur. Zij beheren, onderhouden en vernieuwen de energie-infrastructuur. Netbeheerders werken met maatschappelijk geld; het zijn geen commerciële organisaties. Zij staan onder toezicht van de overheid en moeten zich aan strikte wetten en regels houden voor hun activiteiten en investeringen. Een uitgebreide toelichting over de energie-infrastructuur en de rol van de netbeheerders is geschreven door Netbeheer Nederland¹.

De energie-infrastructuur moet mee veranderen met de veranderingen in opwek en gebruik van energie. De veranderingen hebben ook invloed op de energiedragers. Het verband tussen energiedragers en energie-infrastructuur leggen we uit in de volgende paragraaf.

2.1 Voor elke energiedrager een eigen energie-infrastructuur

De energie voor onze dagelijkse activiteiten wordt geleverd door verschillende energiedragers. Om het licht te laten branden gebruiken we elektriciteit. Om te koken en te douchen gebruiken de meeste mensen aardgas. Sommige mensen zijn aangesloten op een warmtenet voor hun verwarming. Elektriciteit, aardgas en heet water zijn drie verschillende energiedragers. Elke energiedrager heeft zijn eigen infrastructuur.

¹ NBNL, Basisdocument over de Energie-infrastructuur.
[https://www.netbeheernederland.nl/upload/Files/Basisdocument over energie-infrastructuur_143.pdf](https://www.netbeheernederland.nl/upload/Files/Basisdocument%20over%20energie-infrastructuur_143.pdf)

Energiedragers brengen de energie van de bron naar de gebruiker. Elektriciteit brengt de energie van de energiecentrale, het zonnepaneel of de windturbine naar de lampen. De infrastructuur hiervoor bestaat uit kabels en transformatorstations. Gas brengt de energie van het gasveld in Groningen, Noorwegen of Rusland naar de cv-ketel. De infrastructuur bestaat uit leidingen en gasontvangstations. Heet water brengt warmte uit een energiecentrale, industriecluster of geothermiebron via leidingen en warmteoverdrachtstations naar de radiatoren in de gebouwen. Onderstaand figuur geeft de infrastructuur schematisch weer.

Figuur 2.1 Overzicht voor productie, transport en gebruik van elektriciteit en gas *Fout!*

Verwijzingsbron niet gevonden.

Bij de transitie van fossiele naar duurzame energie veranderen de bronnen van energie. We stappen over van aardgas, kolen en aardolie naar zonne-energie, windenergie en geothermie. De energiedragers moeten mee veranderen. Door de energietransitie zullen we in de toekomst veel meer elektriciteit gebruiken. Aardgas zal vervangen worden door elektriciteit, waterstof, groengas en heet water in warmtenetten. Om dat mogelijk te maken, moet ook de energie-infrastructuur mee veranderen.

In hoeverre de energie-infrastructuur moet veranderen, hangt af van verschillende ontwikkelingen in de maatschappij. We onderscheiden vier grote veranderingen.

2.2 Vier grote veranderingen

Door de energietransitie zal de energie-infrastructuur in Noord-Holland en in heel Nederland veranderingen ondergaan. We onderscheiden vier belangrijke trends die de infrastructuur beïnvloeden.

1. Groei energievraag door nieuwbouw en bedrijvigheid

Nieuwbouw en meer bedrijvigheid zullen naar verwachting zorgen voor een groei van de energievraag in de komende jaren. Besparingen en efficiëntieverbeteringen kunnen de groeiende energievraag tot 2030 naar verwachting niet keren. Tot 2030 komen er meer dan 270.000 nieuwbouwwoningen in Noord-Holland bij. Het oppervlak glastuinbouw zal groeien met 3,5 miljoen m² naar 16 miljoen m². Ook datacentra in Noord-Holland blijven groeien. Hun toekomstige energievraag is nog onzeker, maar is mogelijk een veelvoud van de huidige energievraag. Ook bij andere

bedrijven en industrie is het mogelijk dat de energievraag zal groeien door toenemende bedrijvigheid, ondanks inspanningen voor energie-efficiëntie.

2. Groei elektriciteitsvraag door verduurzaming

Verduurzaming aan de vraagkant betekent vaak een overstap van een fossiele energiedrager (zoals aardgas) naar duurzaam geproduceerde elektriciteit. Huishoudens en bedrijven stappen over op alternatieven zoals elektrische auto's en elektrische verwarming (warmtepompen) en geëlektrificeerde industriële processen. De groeiende energievraag wordt dus in het bijzonder een groeiende elektriciteitsvraag. Hierdoor is het waarschijnlijk dat de elektriciteitsvraag op sommige plekken groter wordt dan wat er via de bestaande elektriciteitsinfrastructuur geleverd kan worden. Bijvoorbeeld, een huishouden dat voor verwarming elektriciteit gebruikt, verbruikt drie tot vijf keer meer elektriciteit dan een traditionele woning. Op dichtbevolkte plekken en in industriële gebieden is de groei van de elektriciteitsvraag een grotere uitdaging voor de elektriciteitsinfrastructuur dan duurzame elektriciteitsopwek.

3. Duurzame elektriciteitsopwek

Duurzame elektriciteitsopwek heeft een grote impact op de elektriciteitsinfrastructuur. Elektriciteitsopwek uit zonne- en windenergie is niet stuurbaar, maar afhankelijk van het weer. Op zonnige en/of winderige dagen wordt veel elektriciteit geproduceerd, wat (zeer) hoge pieken kan veroorzaken. Deze grote hoeveelheden elektriciteit moeten ergens naartoe getransporteerd worden, wat erg belastend is voor de elektriciteitsinfrastructuur. Dit probleem kan overall optreden, maar ontstaat sneller in dunner bevolkte gebieden. In deze gebieden is het elektriciteitsnet ontworpen voor een relatief lage vraag. In het verleden werd elektriciteit namelijk alleen maar in grote centrales geproduceerd en verplaatst naar huishoudens en bedrijven. Lokale elektriciteitsnetten in dunner bevolkte gebieden waren alleen bedoeld om aan de relatief beperkte lokale vraag te voldoen. Zonnepanelen of windturbines kunnen echter lokaal soms heel veel elektriciteit tegelijk produceren, wat niet per se samenvalt met momenten van hoge vraag. Op momenten van hoge productie moet de elektriciteit getransporteerd worden en kunnen elektriciteitsnetten 'vol' raken. Om dat te voorkomen worden zonnepanelen of windturbines soms afgeschakeld. Op de langere termijn moet de energie-infrastructuur aangepast worden. Er moeten meer of dikkere elektriciteitskabels komen, batterijen en/of omzetting naar andere energiedragers.

4. Nieuwe energiedragers

Naast elektriciteit zullen in het energiesysteem van de toekomst ook andere energiedragers belangrijk worden. De belangrijkste energiedragers worden naar verwachting warm water in warmtenetten en waterstofgas. Voor beide zijn grote aanpassingen van de energie-infrastructuur nodig. In sommige gebieden liggen er al warmtenetten, maar op veel plaatsen nog niet. Om warmtenetten aan te leggen, is ruimte nodig, zowel onder de grond (voor leidingen) als boven de grond (voor stations). Waterstofgas kan mogelijk gebruikmaken van bestaande aardgasinfrastructuur. Op hogere niveaus (hogedrukgasleidingen) liggen er momenteel meerdere leidingen naast elkaar. Het is daarom mogelijk één van de leidingen te gebruiken voor waterstofgas en een andere tijdelijk nog voor aardgas. Op lagere niveaus ligt er maar één leiding. Ook huizen zijn slechts op één leiding aangesloten. Om een straat, wijk of gemeente van aardgas op waterstofgas over te laten schakelen, moet dus iedereen op dezelfde dag overstappen. Dat brengt praktische uitdagingen met zich mee.

2.3 Veranderingen vergen tijd, geld en ruimte

Veranderingen en aanpassingen aan de energie-infrastructuur kosten tijd, geld en ruimte. Bovendien moeten de juiste arbeidskrachten beschikbaar zijn om het werk uit te voeren. De veranderingen vinden op alle niveaus plaats, van de nationale netten tot in de wijken. Energie-infrastructuur zal op al deze niveaus extra ruimte vragen, die vaak niet eenvoudig is om te vinden. Vooruitzicht, planning en afstemming zijn daarom belangrijk. De RES maakt dit mogelijk, samen met andere trajecten (zie ook paragraaf 5).

3. Energievraag en -aanbod in Noord-Holland

Zowel de energievraag als het aanbod van energie zullen veranderen in de toekomst. Het aandeel elektriciteit als energiedrager zal naar verwachting stijgen. Deze paragraaf geeft eerst een overzicht van de verwachte ontwikkelingen in de elektriciteitsvraag. De tweede helft van de paragraaf gaat in op de ontwikkelingen van de totale energievraag.

3.1 Elektriciteitsvraag en het RES-bod

Elektriciteit is een belangrijke energiedrager. Dat is vandaag het geval, maar nog meer in de toekomst. Figuur 3.1 en 3.2 tonen de verwachte elektriciteitsvraag van de verschillende sectoren in Noord-Holland Noord en Noord-Holland Zuid in 2030². De verwachte elektriciteitsvraag wordt ook vergeleken met het RES-bod.

3.1.1 Noord-Holland Noord

Figuur 3.1 toont de grootschalige opwek (uit het RES-bod) en de verwachte elektriciteitsvraag van verschillende sectoren in Noord-Holland Noord in 2030. De lichtblauwe balkjes geven de onzekerheid weer. De elektriciteitsvraag in 2030 groeit doordat elektriciteit andere energiedragers (bijvoorbeeld aardgas) vervangt (zie ook vorige paragraaf). Daarnaast is er groei doordat er nieuwbouw bijkomt en door groei van bedrijvigheid.

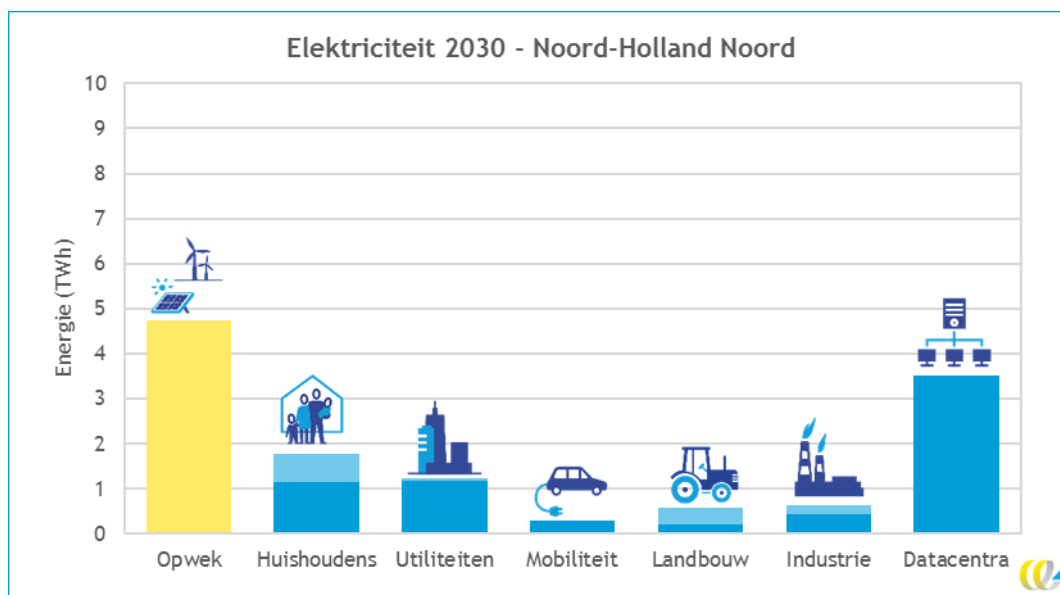
De regio Noord-Holland Noord heeft de ambitie om in 2030 van 3,6 TWh op te wekken. Dit is een optelsom van de ambities van de drie deelregio's (totaal 1,50 TWh) en de bestaande opwekking en de pijplijnprojecten (totaal 2,08 TWh). West-Friesland, de Kop en de provincie dagen daarnaast het Rijk uit om samen het Plan Duurzaam Leefbaar, met natuurontwikkeling in combinatie met zonneatollen te realiseren in de Wieringerhoek van het IJsselmeer. De opbrengst van deze locatie komt dan boven de gestelde ambitie van de regio Noord-Holland Noord. Omdat

² De verwachtingen van de toekomstige elektriciteitsvraag zijn gebaseerd op de [systeemstudie Noord-Holland](#). De elektriciteitsvraag betreft de vraag 'op de meter'. Voor de glastuinbouw geldt dat ook in 2030 nog een aanzienlijk deel van de elektriciteitsbehoefte zal worden opgewekt met eigen gasgestookte WKK's. De behoefte van de glastuinbouw is dus hoger dan de vraag uit figuren 2 en 3.

dit initiatief stapje voor stapje moet worden uitgewerkt en er nog veel onzekerheden zijn, acht de regio het te voortvarend om de potentiële opbrengst van (voorzichtig ingeschat op 1,1 TWh) toe te voegen aan de ambitie voor 2030.

Met een totale opwek van 4,7 TWh kan Noord-Holland Noord ongeveer 59% tot 70% van de totale elektriciteitsvraag in de regio dekken. De totale elektriciteitsvraag zal naar verwachting tussen de 6,7 en 8,0 TWh liggen. De sectoren met de grootste elektriciteitsvraag zijn in 2030 naar verwachting de gebouwde omgeving (huishoudens en utiliteiten) en de datacentra. De elektriciteitsvraag van de datacentra is echter nog erg onzeker, omdat dit een sector in ontwikkeling is. De figuur geeft een schatting. De onzekerheid is zo groot dat het niet als lichtblauw balkje bovenop de schatting weergegeven is.

Figuur 3.1. Opwek uit het RES-bod en vraag naar elektriciteit in Noord-Holland Noord in 2030



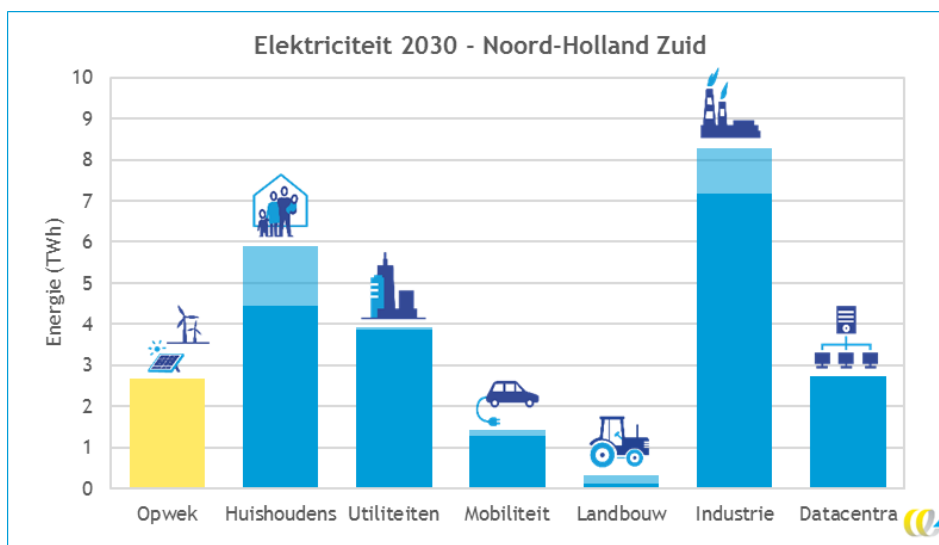
3.1.2 Noord-Holland Zuid

Figuur 3.2 toont de grootschalige opwek (uit het RES-bod) en de verwachte elektriciteitsvraag van verschillende sectoren in Noord-Holland Zuid in 2030. De lichtblauwe balkjes geven de onzekerheid weer. De elektriciteitsvraag in 2030 groeit doordat elektriciteit andere

energiedragers (bijvoorbeeld aardgas) vervangt (zie ook vorige paragraaf). Daarnaast is er groei doordat er nieuwbouw bijkomt en door groei van bedrijvigheid.

Noord-Holland Zuid zet zich in voor 2,7 TWh wind- en zonne-energie voor 2030. Hiermee kan Noord-Holland Zuid ongeveer 12 tot 14% van de totale elektriciteitsvraag in de regio dekken³. De totale elektriciteitsvraag zal naar verwachting tussen de 19,6 en 22,6 TWh liggen. De sectoren met de grootste elektriciteitsvraag zijn in 2030 naar verwachting de gebouwde omgeving (huishoudens en utiliteiten) en de industrie. De elektriciteitsvraag van de datacentra is nog erg onzeker omdat dit een sector in ontwikkeling is. De figuur geeft een schatting. De onzekerheid is zo groot dat het niet als lichtblauw balkje bovenop de schatting weergegeven is.

Figuur 3.2. Opwek uit het RES-bod en vraag naar elektriciteit in Noord-Holland Zuid in 2030



³ De verwachtingen van de toekomstige elektriciteitsvraag zijn gebaseerd op de [systeemstudie Noord-Holland](#).

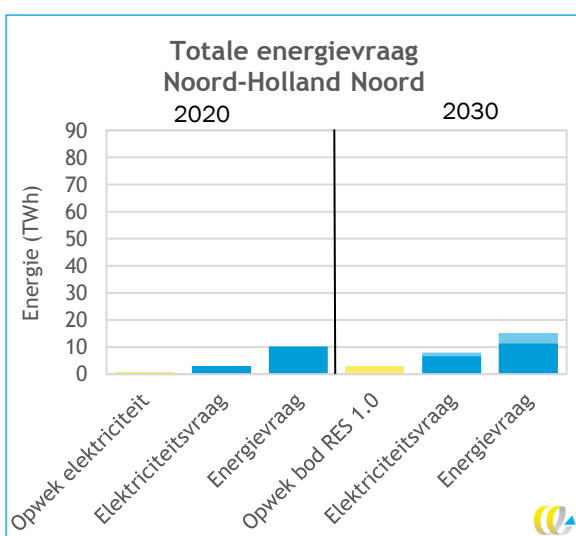
3.2 Totale energievraag in Noord-Holland

De totale energievraag is aanzienlijk groter dan de elektriciteitsvraag. De totale energievraag omvat ook de vraag naar andere energiedragers (methaan, waterstof, warmte en vloeibare brandstoffen). Figuren 3.3 en 3.4 geven dat weer voor Noord-Holland Noord en Noord-Holland Zuid. De figuren tonen de huidige duurzame elektriciteitsopwek, de opwek uit het RES-bod voor 2030 en de totale energievraag van de RES-regio's in 2020 en 2030.

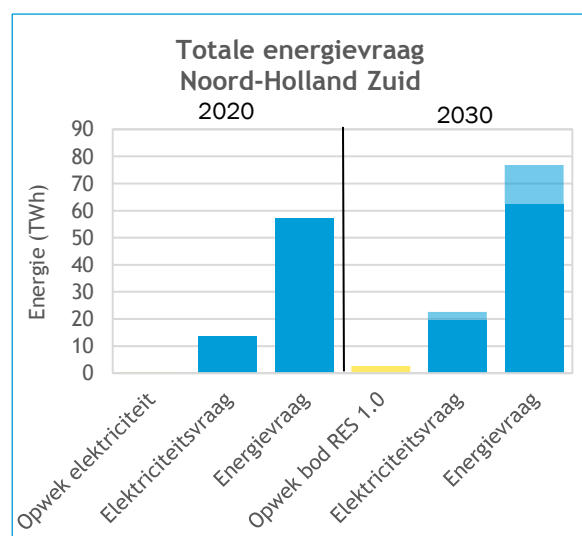
In Noord-Holland Noord is de elektriciteitsvraag 25% tot 60% van de totale energievraag. In Noord-Holland Zuid is de vraag naar elektriciteit 16% tot 25% van de totale energievraag. De totale energievraag in Noord-Holland Zuid is zo'n vijf keer hoger dan in Noord-Holland Noord. Dat komt door de hogere bevolkingsdichtheid en de aanwezigheid van het industriecluster in het Noordzeekanaalgebied. Ook over de totale energievraag in 2030 is er nog onzekerheid (weergegeven met lichtblauw deel op de balkjes).

Op basis van deze figuren kunnen de ontwikkelingen in de energie-infrastructuur als volgt worden samengevat: zowel de lokale duurzame opwek als de energievraag zullen de komende jaren naar verwachting stijgen. Deze ontwikkelingen stellen nieuwe eisen aan de energie-infrastructuur. Het elektriciteitsnetwerk zal moeten worden versterkt en uitgebreid om het groeiende aanbod en de groeiende vraag te kunnen transporteren. En er zijn nieuwe oplossingen nodig. De volgende paragraaf gaat in op drie van deze oplossingen: opslag, waterstof en smart-grids.

Figuur 3.3. Huidige opwek, opwek uit het RES-bod en de totale energievraag Noord-Holland Noord in 2020 en 2030.



Figuur 3.3. Huidige opwek, opwek uit het RES-bod en de totale energievraag Noord-Holland Zuid in 2020 en 2030.



4. Toekomst van de infrastructuur

Het grootste deel van onze huidige energievoorziening is gebaseerd op aardgas en elektriciteit. Daarvoor hebben we een uitgebreide en zeer betrouwbare infrastructuur: elektriciteitsnetten en gasleidingen.

Door de energietransitie wordt de wereld een stuk complexer. De warmtevraag van huizen en gebouwen wordt straks ook ingevuld met warmtenetten en elektrische warmtepompen. Daarvoor moeten warmtenetten aangelegd worden of het elektriciteitsnet verzaamd worden. Elektriciteitsnetwerken zijn nu vaak al vol. Dit noemen we congestie. Oplossingen zijn duur en realisatie van nieuwe infrastructuur duurt vanwege complexe vergunningstrajecten vaak lang. De industrie zou al in het komend decennium kunnen overstappen op waterstof, maar daarvoor is aanleg van waterstofnetten noodzakelijk. Deze veranderingen vereisen meer of nieuwe infrastructuur.

Waar en hoeveel netbeheerders extra infrastructuur moeten realiseren hangt af van verschillende factoren:

- **De keuze van energiedrager.** De keuzes van gemeenten in de transitievisies warmte, de keuzes van burgers, van industrie, enz. bepalen mee welke infrastructuur moet worden aangelegd of aangepast. Bijvoorbeeld, de keuze voor een warmtenet heeft tot gevolg dat de vraag naar elektriciteit lager is dan als er warmtepompen worden geïnstalleerd. De energiedragers hebben steeds meer invloed op elkaar.
- **De beschikbare ruimte.** Energie-infrastructuur heeft zowel bovengronds als ondergronds ruimte nodig. Is er wel plaats voor de infrastructuur op de beoogde locatie? Zo niet, is een andere energiedrager een mogelijkheid?

Congestie in het elektriciteitsnet

Congestie ontstaat als er op een bepaalde plek meer stroom via het net stroomt dan wat het net aan kan. Dit is te vergelijken met een waterpijp waar te veel water doorheen komt. De pijp zou kunnen barsten. Om dat te voorkomen moet de hoeveelheid water omlaag, of er moet een dikkere pijp komen. Net zo lossen netbeheerders congestie op door opwek uit te schakelen, dikkere kabels aan te leggen of het overschot op te slaan.

- **De locatie van de nieuwe vraag en opwek.** Als nieuwe vraag en opwek op een locatie komen waar infrastructuur voldoende aanwezig is, zal de impact veel kleiner zijn. De ruimte voor nieuwe infrastructuur zal beperkter zijn en de kosten lager. Trajecten zoals de RES bepalen mede de locaties.
- **Piekbelasting.** Energie-infrastructuur wordt ontworpen op zogenoemde piekbelasting. Dit wordt uitgelegd in het kader hiernaast.

Dat er nieuwe infrastructuur moet komen is zeker. Dat kost geld en ruimte, zowel in de ondergrond als daarboven. Soms kan nieuwe infrastructuur ook vermeden worden. Dat bespaart ruimte, geld en energie. Ruimte is schaars, infrastructuur wordt door ons allen betaald.

Overheid, provincies, gemeenten en burgers kunnen slimme keuzes maken om de uitbreiding van infrastructuur te beperken:

- Locaties voor opwek van elektriciteit uit zonne- en windenergie kiezen op plekken waar een sterke elektriciteitsinfrastructuur aanwezig is. Het net raakt dan minder snel vol en verzwaringen zijn minder snel nodig.
- Ervoor zorgen dat er een mix is tussen zonne- en windenergie. Als de zon schijnt, waait het vaak minder hard. Ook het omgekeerde is vaak waar. Door de mix wordt het elektriciteitsnetwerk efficiënter benut.
- Nieuwe opwekplaatsen in de buurt van elektriciteitsvraag realiseren. Hierdoor wordt de kans groter dat de energie lokaal gebruikt wordt en daarmee de impact op het netwerk lager.

Toch zal nieuwe infrastructuur noodzakelijk zijn. Nieuwe infrastructuur betekent soms gewoon meer kabels, meer leidingen en meer stations. Soms betekent het ook nieuwe oplossingen. Deze nieuwe oplossingen zijn nodig omdat duurzame opwek minder stuurbaar is dan energieopwek uit fossiele bronnen. Elektriciteitsopwek uit zonne- en windenergie kan alleen

Ontwerpen van infrastructuur: piekbelasting

De piekbelasting is de belangrijkste parameter waarop (toekomstige) infrastructuur wordt ontworpen. De piekbelasting wordt bepaald door te kijken naar twee parameters: (1) de individuele belasting van de aangesloten bedrijven en huishoudens, enz. en (2) de gelijktijdigheid van de belasting.

Een voorbeeld. In een straat komen 10 nieuwe laadpalen. Elke laadpaal heeft een vermogen van 11 kW (dit is de individuele belasting). Zullen de palen tegelijkertijd gebruikt worden? (Dit is gelijktijdigheid.) Als alle palen tegelijk op maximaal vermogen gebruikt worden, is de maximale belasting 110 kW. Als er maar maximaal 3 auto's op vol vermogen tegelijk laden, is de maximale piekbelasting 33 kW. Als het net de maximale belasting van 110 kW niet aan kan, moet de netbeheerder het net verzwaren. Een alternatieve oplossing is slim laden. Slim laden houdt in dat auto's niet tegelijk en/of op een lager vermogen opladen.

plaatsvinden als de zon schijnt of de wind waait. We gaan daarom dieper in op opslag in batterijen, waterstof en slimme netten.

4.1 Opslag in batterijen

Het is belangrijk dat energie altijd beschikbaar is. In het huidige systeem wordt energie geproduceerd als je erom vraagt, bijvoorbeeld als je het licht aandoet. Zonne- en windenergie zijn niet stuurbaar. Opslag kan, naast omzetting in waterstof en smart grids, een oplossing zijn om het duurzame energiesysteem van de toekomst betrouwbaar te houden.

4.1.1 Functies van opslag

Opslag kan vier functies hebben:

- **Opslag van duurzame elektriciteit.** Als je zonnepanelen hebt die stroom produceren op een moment dat je niet thuis bent, kun je deze energie opslaan. Deze energie kun je in de avond gebruiken voor je tv, wasmachine of elektrische auto.
- **Opslag voor de elektriciteitsmarkt.** Op de elektriciteitsmarkt voor bedrijven, en mogelijk ook steeds meer voor particulieren, variëren de prijzen sterk. Met batterijen kun je stroom op goedkope momenten inkopen en eventueel daarna zelfs weer verkopen. Op deze manier kun je geld verdienen.
- **Opslag om netwerkcongestie op te lossen.** Netwerkcongestie ontstaat als de vraag of het aanbod van energie groter is dan de kabels aankunnen. Batterijen kunnen op die momenten energie opnemen of juist aan het netwerk geven. Hiermee zorgt opslag dat het netwerk niet overbelast raakt. Netbeheerders mogen niet zelf batterijen installeren van de wet. Wie de batterijen wel zal beheren is nog onduidelijk, daar zijn verdere afspraken, wetgeving en marktontwikkeling voor nodig. De netbeheerder heeft wel zekerheid nodig dat de batterij altijd het net kan ondersteunen. Anders kan alsnog congestie ontstaan.
- **Opslag voor balanshandhaving.** Balans betekent dat op ieder moment de totale elektriciteitsvraag gelijk is aan het aanbod. Hiervoor is TenneT, de nationale netbeheerder, verantwoordelijk. Als er een plotselinge verandering is, zoals veel wolken voor de zon, kan het zijn dat er geen balans meer is. Door gebruik te maken van opslag kan de balans gehandhaafd worden. Zo blijft het netwerk betrouwbaar.

Voor opslag van elektriciteit en het voorkomen van netwerkcongestie is de locatie van de batterij belangrijk. Daarnaast kunnen batterijen vaak niet voor meer dan één functie ingezet worden. Als opslagsystemen ingezet worden voor de elektriciteitsmarkt, bestaat het risico dat opslagsystemen op momenten dat stroom duur is veel energie willen leveren aan het net. Als het elektriciteitsnet hiervoor niet geschikt is, betekent dat dat er dan juist meer netwerkcongestie ontstaat. Om dit te voorkomen moeten overheden marktregels ontwerpen. Dit is vooral de taak van de Europese en de nationale overheden.

4.1.2 Twee categorieën opslag

Opslag van elektriciteit kan gesplitst worden in twee categorieën: directe of indirecte opslag.

Directe opslag

Elektriciteit kan worden opgeslagen in batterijen. Er vindt geen omzetting naar een andere energiedrager plaats. Dit kan bij mensen thuis in kleinschalige batterijen of op centrale plekken in grote batterijen. Batterijen zijn zeer efficiënt, wat betekent dat er weinig energie verloren gaat als het opgeslagen wordt. De technologie is veel in het nieuws en daardoor bekend. Er zijn echter nog niet veel mensen met een batterij in huis. Centrale batterijen worden tegenwoordig soms toegepast. Zie het kader voor een voorbeeld.

In de toekomst zouden de batterijen van een elektrische auto als opslag gebruikt kunnen worden, met name als ze ook energie aan het net kunnen leveren. Voor grootschalige opslag is het echter vereist veel auto's te koppelen. Dit is organisatorisch een grote uitdaging en vereist veel overleg, gezamenlijke inspanningen en investeringen.

Het nadeel van batterijen is dat het een dure manier van opslag is. Daarom zijn ze geschikt voor opslag voor korte tijd, bijvoorbeeld één dag. Maar zelfs dat is nog niet altijd economisch interessant. Grootschalige opslag voor seizoenen is echter veel te kostbaar, en zou vereisen dat we enorme batterijen in ons huis of omgeving zouden moeten plaatsen.

Krachtigste batterij van Nederland

Bij Lelystad is in 2020 de krachtigste batterij van Nederland in gebruik genomen, met een vermogen van 12 MW. Deze centrale batterij is geplaatst bij een zonne- en windpark. De batterij heeft twee functies. De eerste is om duurzame energie op te slaan zodat deze lokaal gebruikt kan worden. De tweede is de impact van het energiepark op het elektriciteitsnetwerk verminderen.

Indirecte opslag

Indirecte opslag betekent dat elektriciteit wordt omgezet naar een andere energiedrager, bijvoorbeeld waterstofgas. Dit noemen we conversie.

Omzetting is alleen rendabel op grote schaal. Waterstofgas kan naar verwachting eenvoudiger en voor een langere periode opgeslagen worden dan elektriciteit in batterijen. Dit is bijvoorbeeld nuttig voor seizoensopslag. Het nadeel van conversie naar en van waterstof is dat het veel energie kost (zie kader hieronder). Er gaat dus veel energie verloren. We gaan dieper in op waterstof in het volgende onderdeel.

Verlies bij omzettingen

Als waterstof omgezet moet worden naar elektriciteit voordat deze gebruikt kan worden, gaat in totaal zo'n twee derde van de energie verloren. Dit betekent dat voor dezelfde hoeveelheid energie in waterstof, drie keer zoveel windmolens en zonnepanelen vereist zijn in vergelijking met rechtstreeks gebruik van elektriciteit.

4.2 Waterstof

Waterstof wordt nu in Nederland gebruikt als grondstof, bijvoorbeeld voor de productie van kunstmest. Door de energietransitie is er steeds meer aandacht voor waterstof als energiedrager en brandstof. Een duurzame energiedrager is vereist om de klimaatdoelen te halen, specifieke sectoren te verduurzamen en in de toekomst grootschalig energie op te slaan. Waterstof zal naar verwachting (een deel) van deze oplossing kunnen zijn.

4.2.1 Waterstofproductie

Waterstof wordt nu voornamelijk geproduceerd uit aardgas. Hierbij komt veel CO₂ vrij. Waterstof kan ook duurzaam geproduceerd worden. Water wordt dan door middel van elektriciteit omgezet in waterstof en zuurstof. Als dit met duurzame elektriciteit gebeurt, is de waterstof dus ook duurzaam oftewel 'groen'.

De verwachting is dat groene waterstof niet snel in overvloed beschikbaar zal zijn. Productie van waterstof vereist namelijk heel veel groene elektriciteit, die nog niet in overvloed aanwezig is. Waterstof heeft nog een nadeel: bij de conversie van elektriciteit naar waterstof gaat energie verloren (zie kader hierboven). De bouw van waterstoffabrieken kost bovendien tijd, geld en ruimte. Elektriciteit direct gebruiken is daarom

vaak de meest efficiënte en daarmee de goedkoopste oplossing. Waar elektriciteitsinzet niet mogelijk is kan waterstof ingezet worden.

4.2.2 Waterstof in de gebouwde omgeving

Om waterstof te kunnen gebruiken zijn er twee belangrijke eisen: de infrastructuur moet waterstof naar de gebruiker kunnen brengen en de apparaten moeten kunnen functioneren op waterstof. Om een wijk of een gemeente op waterstof over te schakelen, moet de hele keten (leidingen, stations, apparaten) nagenoeg tegelijk kunnen overstappen van aardgas naar waterstofgas. Dat is zowel technisch als organisatorisch een enorme uitdaging.

De regionale gasnetwerken zijn mogelijk geschikt voor 100% waterstof. Maar de netwerken verschillen onderling veel en zijn soms oud. Ze zullen dus eerst verder onderzocht moeten worden. Daarnaast zijn veel netwerken aan elkaar verbonden. Daardoor is het onmogelijk om slechts één woning of een gedeelte van het netwerk over te laten schakelen van aardgas naar waterstof. Ook is het belangrijk dat voordat het netwerk overschakelt naar waterstof, er 100% zekerheid is dat alle apparaten functioneren op waterstof. Anders ontstaan er veiligheidsrisico's. Dat waarborgen is in de praktijk een grote uitdaging, en zou een bijna militaire deur-tot-deur operatie vragen.

Waterstof zal in de gebouwde omgeving daarom naar verwachting tot 2030 geen grote rol spelen. Duurzame waterstof is niet in grote mate beschikbaar. Voor de gebouwde omgevingen zijn er ook goede duurzame alternatieven, waardoor het niet van waterstof afhankelijk is. Omdat het waterstofaanbod beperkt is, zal de prijs hoog blijven ten opzichte van alternatieven. Daarnaast zijn de infrastructuur en de veiligheid nog een grote uitdaging.

4.2.3 Waterstof voor industrie en transport

Waterstof zal een grotere rol spelen in de industrie en transport richting 2030. Hoe groot die rol zal zijn, is nog onzeker. De Nederlandse overheid en Gasunie werken aan het ontwikkelen van een 'waterstofbackbone'. De waterstofbackbone is een hoofdnetwerk voor waterstof dat de vijf industriële clusters verbindt.

De noodzaak voor waterstof in de industrie is groter dan in de gebouwde omgeving. De industrie heeft hogetemperatuurwarmte nodig die nu vaak gemaakt wordt met aardgas. Deze temperaturen kunnen moeilijk bereikt worden met warmtepompen of boilers, die in huishoudens wel gebruikt kunnen worden. Met waterstof is het opwekken van deze hogetemperatuurwarmte mogelijk, wat het een belangrijke energiedrager voor de industrie maakt.

In zwaar transport over lange afstanden zal waterstof naar verwachting ook een rol gaan spelen. Batterijen zijn mogelijk te zwaar, te duur en te groot voor specifieke toepassingen van transport. Toch zullen voor veel transporttoepassingen batterijen ook interessant zijn.

Voor de verduurzaming van de industrie en transport wordt ingezet op elektrificatie waar het kan en waterstof waar het nodig is. Direct elektriciteit gebruiken is namelijk efficiënter, want dan gaat er minder energie verloren door omzettingen. Wanneer dat niet kan, kan waterstof een oplossing zijn.

Waterstof krijgt daarnaast nog een andere functie: het in balans houden van het elektriciteitsnet. Het opwekken van groene elektriciteit brengt pieken en dalen met zich mee, wat leidt tot verschillen tussen vraag en aanbod. Een overschot aan elektriciteit kan worden omgezet in waterstof en op deze manier voor de korte of lange termijn worden opgeslagen. Bij een tekort aan elektriciteit kan waterstof weer worden omgezet in elektriciteit. Waterstof vervult dan een rol als regelbaar vermogen voor energieopslag en –transport, in een energiesysteem dat steeds meer wordt gedomineerd door duurzame, variabele opwekking.

4.3 Smart grids

Smart grids is een begrip dat voor iedereen iets anders betekent. Er bestaat niet één definitie van smart grids. Smart grids kunnen worden geïnterpreteerd als slimme oplossingen op verschillende niveaus:

- **Huishouden.** Slimme toepassingen binnen een woning heten ook wel domotica. Domotica is een breed begrip en heeft niet altijd met energie te maken. Zo kan je met een stemassistent de muziek aanzetten, maar er ook voor kiezen dat je auto oplaadt als je zonnepanelen stroom produceren. Je auto opladen als elektriciteit

lokaal (bij je thuis) beschikbaar is, is een voorbeeld van een smart grid op huishoudenniveau.

- **Microgrid.** Dit is een niveau hoger. Een microgrid is een klein elektriciteitsnetwerk van een aantal (bijvoorbeeld een tiental of een honderdtal) aansluitingen. Het is als netwerkje op één punt aangesloten op het groter, nationaal netwerk. Binnen de microgrid werken meerdere systemen samen om zo slim en goedkoop mogelijk energie te gebruiken. Bijvoorbeeld een bedrijf met een productielijn stemt af met de eigenaar van zonnepanelen, en de autogebruikers stemmen hun gebruik van laadpalen onderling af, met een buurtbatterij.
- **Smart grid.** Een volgende stap is dat al deze slimme apparaten communiceren met de buitenwereld. De communicatie is dus niet alleen binnen het eigen netwerkje, maar ook bijvoorbeeld met de netbeheerder of de energieleverancier. De communicatie vindt plaats tussen verschillende apparaten met verschillende aansluitingen op het netwerk. Dit is de meest voorkomende visie op smart grids.
- **Eigen netwerk.** Een netwerk dat volledig losgekoppeld functioneert met elektriciteitsproductie, opslag en flexibele vraag. Dit noemt men ook wel een eilandnetwerk. Dergelijke netwerken zijn in de praktijk moeilijk om betrouwbaar te houden en vaak erg duur.

Het concept dat smart grids mogelijk maakt is vraagsturing. Oftewel, energievraag die zich flexibel aanpast aan signalen die netbeheerders en energieleveranciers sturen.

4.3.1 Wat lost vraagsturing op?

Een smart grid wordt vaak aangedragen als oplossing voor veel van de problemen die op ons afkomen door de energietransitie. Veel van de problemen zijn echter niet of slechts gedeeltelijk op te lossen met een smart grid. Smart grids kunnen twee maatschappelijke functies vervullen:

- **Vraag en aanbod in evenwicht houden.** Omdat elektriciteitsopwek uit zonne- en windenergie niet stuurbaar is, past in een smart grid de vraag zich aan. De auto laadt op als de zon schijnt, de wasmachine draait als het waait, enz. Smart grids kunnen een gedeelte van de fluctuatie in energieproductie opvangen, maar dit zal niet altijd een oplossing bieden. We hebben ook licht nodig op dagen wanneer het niet waait.

- **Netwerkgestie verminderen.** Congestie betekent dat er te veel stroom door de kabels van de netbeheerder gaat; het licht kan dan uitvallen. In een smart grid kunnen apparaten op dat soort momenten meer of minder stroom gebruiken, afhankelijk van wat nodig is op dat moment. Smart grids kunnen congestie verminderen, maar niet (in alle gevallen) oplossen.

4.3.2 Signalen en prikkels

Mensen en slimme apparaten zullen hun energievraag alleen aanpassen als hier een (economische) reden voor is. De reden kan op twee manieren gecommuniceerd worden: als een financiële prikkel of als een direct signaal.

Financiële prikkels zijn bijvoorbeeld:

- ***De prijs van elektriciteit.*** De prijs op de elektriciteitsmarkt stijgt als er weinig aanbod is en daalt als er veel aanbod is. Door op momenten met een lage prijs een auto op te laden, helpt de auto met de balancering van vraag en aanbod en komt de eigenaar goedkoper uit.
- ***Lagere netwerkkosten.*** We betalen allemaal voor het netwerk. Als we het netwerk efficiënt kunnen gebruiken, zijn de kosten voor ons allen lager. Door de huidige prijsstructuur is dit momenteel vooral relevant voor grootverbruikers. Zij betalen voor hun maximale belasting van het netwerk. Met vraagsturing kunnen zij hun kosten lager houden en daarmee de netbeheerder minder belasten. De netbeheerders onderzoeken of flexibele netwerkkosten ook voor kleinverbruikers interessant zijn. Bijvoorbeeld zodat het 's nachts goedkoper is om een publieke laadpaal te gebruiken.

Directe signalen betekent dat een apparaat een gebod krijgt van het netwerk om aan of uit te gaan. Het apparaat reageert dan altijd als een signaal wordt gegeven. Dit is vaak gebaseerd op vooraf gemaakte afspraken. Een voorbeeld is dat de netbeheerder aangeeft dat een auto moet stoppen met laden omdat het netwerk overbelast is.

Er zijn vele manieren om prikkels en signalen vorm te geven, maar de principes blijven hetzelfde. Het risico van prikkels en signalen is dat, wanneer ze verkeerd zijn vormgegeven, ze kunnen leiden tot meer energievraag en meer problemen. De overheid is verantwoordelijk voor een

goed ontwerp. Die verantwoordelijkheid ligt op Europees en nationaal niveau. Maar door de lokale verschillen is het ook van groot belang dat lokale overheden als gemeenten en de lokale netbeheerders nauw betrokken blijven en adviseren.

4.3.3 Toekomst van smart grids

De ontwikkeling van een smart grid gaat in stapjes. De industrie heeft nu al vaak de mogelijkheid om de energievraag te sturen, in veel gevallen gebaseerd op de elektriciteitsprijs.

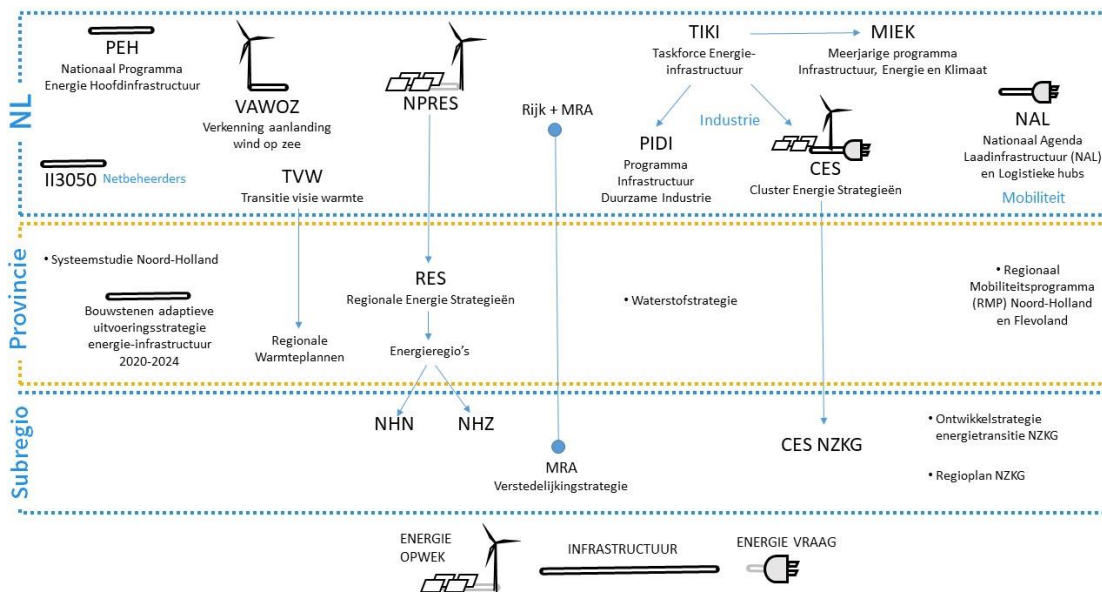
Bij huishoudens is domotica de eerste stap. Steeds meer mensen krijgen dit soort slimme apparaten in huis, maar zetten dit nog niet altijd in voor hun energiegebruik.

Een volgende stap is het toevoegen van elektrische auto's en warmtepompen. In de toekomst kunnen ook andere huishoudelijke apparaten ingezet worden. Vervolgens kunnen deze apparaten hun energievraag sturen, gebaseerd op bijvoorbeeld de energiemarkt. In de toekomst zullen meer en complexere signalen onderdeel worden van het smart grid. Hiervoor is het wel belangrijk dat dit financieel interessanter wordt voor consumenten en de ICT-systemen zich verder ontwikkelen.

5. De RES en andere energietransitietrajecten

De RES'en voor de regio's Noord-Holland Noord en Noord-Holland Zuid zijn niet de enige trajecten die een bijdrage leveren aan de energietransitie in de provincie Noord-Holland. De RES'en zijn onderdeel van een reeks samenhangende trajecten. Hieronder volgt een overzicht van de meest relevante regionale trajecten, met verwijzingen voor meer informatie voor elk traject. Figuur 5.1 geeft een visueel overzicht.

Figuur 5.1 Samenhang van verschillende energietransitietrajecten in de regio, de provincie en in Nederland.



- *Bouwstenen adaptieve uitvoeringsstrategie energie-infrastructuur 2020-2024*⁴: Met deze gezamenlijke strategie zetten de Provincie Noord-Holland en de netbeheerders (o.a. Liander en TenneT) in op de realisatie van een robuuste, adaptieve en betaalbare elektriciteitsinfrastructuur en energiesysteem. De strategie krijgt vorm via concrete energiesysteemprojecten voor de periode 2020-2024 en het ontwerp van een hybride systeem voor de periode daarna.

⁴ [Bouwstenen adaptieve uitvoeringsstrategie energie-infrastructuur 2020-2024](#) van provincie Noord-Holland, 2020.

- *Ontwikkelstrategie energietransitie NZKG⁵*: Dit advies laat zien wat de basisstappen op korte termijn en de ontwikkelrichtingen op langere termijn zijn voor de energietransitie in het Noordzeekanaalgebied. De basisstappen hebben betrekking op het gereedmaken van de netten voor elektriciteit, gas, warmte en CO₂ voor de energietransitie.
- *Regioplan NZKG⁶*: Dit plan schetst een beeld van de ontwikkelingen die nodig zijn om de CO₂-reductiedoelstelling uit het Klimaatakkoord voor de industrie in het Noordzeekanaalgebied in 2030 te behalen.
- *Cluster Energie Strategie (CES) NZKG⁷*: Het industriële cluster rondom de IJmond ontwikkelt samen met de netbeheerders een strategie, waarin de netwerkuitbreidingen voor elektriciteit, methaan, waterstof, warmte en CO₂ worden geïdentificeerd die nodig zijn voor de industrie om haar CO₂-reductiedoelstelling voor 2030 uit het Klimaatakkoord te behalen. De CES bouwt voort op het Regioplan NZKG uit 2020, waarin het CO₂-reductieplan van het cluster wordt geschetst. Op basis van de CES kunnen de netbeheerders de noodzakelijke investeringen doen.
- *Systeemstudie Noord-Holland⁸*: In deze studie wordt een integraal beeld gegeven van de energie-ontwikkeling in Noord-Holland. Middels verschillende scenario's voor 2030 en 2050 is verkend wat de impact is van ontwikkelingen in aanbod en vraag van elektriciteit, methaan, waterstof, warmte, CO₂ en vloeibare brandstoffen op de benodigde energie-infrastructuur.
- *Regionaal Mobiliteitsprogramma (RMP) Noord-Holland en Flevoland⁹*: Dit is een uitwerking van het Klimaatakkoord voor de provincies Noord-Holland en Flevoland, waarmee deze provincies het doel nastreven om de CO₂-uitstoot van mobiliteit te verminderen met minimaal 20% in 2030.
- *Transitieviesies Warmte¹⁰*: De gemeenten zijn verantwoordelijk voor het aardgasvrij maken van de gebouwde omgeving en daartoe moet iedere gemeente eind 2021 een Transitieviesie Warmte hebben opgesteld. In dit document komt te staan hoe de gemeente de warmtevoorziening aan de gebouwde omgeving aardgasvrij wil maken in 2050.
- *Verstedelijkingsstrategie MRA¹¹*: De Metropoolregio Amsterdam (een samenwerkingsverband van de provincies Noord-Holland en Flevoland,

⁵ [Ontwikkelstrategie energietransitie NZKG](#) van CE Delft, 2018.

⁶ [Regioplan NZKG](#) van bestuursplatform Energietransitie NZKG, 2020.

⁷ De CES Noordzeekanaalgebied is op het moment van schrijven nog in ontwikkeling.

⁸ [Systeemstudie Noord-Holland](#) van CE Delft, ECN.TNO en Studio Marco Vermeulen, 2019.

⁹ Meer informatie vindt u op [de website van Samen Bouwen Aan Bereikbaarheid \(SBAB\)](#)

¹⁰ Meer informatie is te vinden [op de website van Aardgasvrijewijken](#).

¹¹ Meer informatie is te vinden op [de website van Metropoolregio Amsterdam](#)

32 gemeenten en de Vervoerregio Amsterdam) werkt samen met het Rijk aan een strategie om de MRA te ontwikkelen tot een internationale topregio met een hoge leefkwaliteit. Deze strategie geeft uitvoering aan de MRA Agenda 2.0 en de doelstellingen uit de NOVI en bevat o.a. een verstedelijkingsconcept voor de middellange en lange termijn.

- *Waterstofstrategie*¹²: In deze strategie beschrijft de Provincie Noord-Holland de ambitie om de productie, invoer, opslag en doorvoer van klimaatvriendelijke waterstof op te schalen. In de komende drie tot vijf jaar onderzoekt de provincie wat de economische, ruimtelijke en juridisch-planologische vereisten en mogelijkheden zijn van een regionale infrastructuur voor waterstof.
- *LEAP*: Een besparingsprogramma vanuit de Economic Board en MRA waarbij producenten, gebruikers en datacenters onderzoek doen en experimenteren met energiebesparing in datacenters. Uit pilots blijkt dat servers 10% zuiniger ingesteld kunnen worden met vrijwel dezelfde performance.

Deze (lokale en regionale) trajecten hangen met elkaar samen, omdat ze allemaal ondersteuning bieden aan de realisatie van de energietransitie in Noord-Holland. Veel trajecten omvatten niet alle toekomstige duurzame energiedragers en sectoren (vervoer, gebouwde omgeving, industrie), maar in het toekomstige energiesysteem hangt alles steeds meer met elkaar samen. Zo leidt de massale aanschaf van elektrische warmtepompen door huishoudens tot een grotere behoefte aan wind- en zonne-energie en aan transportcapaciteit van elektriciteit, maar ook tot een lagere vraag van de gebouwde omgeving naar duurzame warmte en groen gas.

Daarnaast is er een connectie tussen de regionale trajecten en nationale trajecten binnen de energietransitie, zoals de Nationale Omgevingsvisie (NOVI), de Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050 (II3050), het Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat (MIEK), het Nationaal Programma Infrastructuur Duurzame Industrie (PIDI), het Programma Energiehoofdstructuur (PEH), de Verkenning aanlanding wind op zee (VAWOZ) en de Nationale Agenda Laadinfrastructuur (NAL). Deze trajecten kijken naar de nationale inrichting van het toekomstige energiesysteem, waarin meer nadruk ligt op grootschalige energieproductie, -opslag en -import en op provinciegrensoverschrijdende

¹² [Waterstofstrategie](#) provincie Noord-Holland, 2020.

energie-infrastructuur. De plannen die volgen uit de regionale trajecten voor Noord-Holland zullen moeten passen in de nationale plannen, maar andersom hebben de regionale ontwikkelingen ook gevolgen op nationaal niveau. Binnen de regionale trajecten wordt daarom niet alleen naar de andere regionale trajecten gekeken, maar ook naar de nationale trajecten¹³.

¹³ In 'Bouwstenen adaptieve uitvoeringsstrategie energie-infrastructuur 2020-2024' wordt uitgeweid over de samenhang tussen verschillende regionale en nationale trajecten.