

De Families van Energy Hubs in Nederland

Hoe te karakteriseren en wat is hun betekenis voor de energietransitie?

In opdracht van de Topsector Energie
en Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

8 juli 2024



De Families van Energy Hubs in Nederland



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

In opdracht van Topsector Energie en Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland (RVO)

E: info@rhdhv.com
W: www.royalhaskoningdhv.com

Project nummer: BJ6162

Datum: 8 juli 2024

Status: **Definitief**

Auteurs: Ron de Graaf (projectleiding), Mechteld de Jong, George Koolman,
Maarten Laban, Edward Pfeiffer, Vinitha Siebers, Laurens Roetert

Steenbruggen, Jelle Thijssen en Chiel de Wit

Visuals: Puck ten Kate Prakken (Sketchworks)

Eindcontrole: Ron de Graaf en Edward Pfeifer

Royal HaskoningDHV

Laan 1914 no 35

3818 EX, Amersfoort

Nederland

KVK number: 56515154

T: +31 88 348 7000

Management samenvatting

Grote belangstelling

Energy Hubs staan sterk in de belangstelling. Energy Hubs spelen een rol in het verminderen van netcongestie en zijn een belangrijk onderdeel van een robuust duurzaam decentraal energiesysteem. Meer strategische en lokale autonomie komt binnen bereik. Energy Hubs dragen ook bij aan het behalen van de Nederlandse CO₂ doelen en de transitie naar een duurzame economie. Tegelijkertijd zijn er veel verschillende definities en vormen, dit maakt Energy Hubs ongrijpbaar.

Orde in de chaos

In dit rapport is de vraag beantwoord hoe orde kan worden geschapen in de wereld van Energy Hubs. Het rapport helpt om 'grip' te krijgen op Energy Hubs zodat de (on)mogelijkheden in een vroeg stadium kunnen worden onderkend en de Energy Hubs een integraal onderdeel kunnen worden van de energievoorziening in de regio. Het rapport biedt de basis en handvatten om verder op voort te bouwen bij de inrichting van Energy Hubs en de beleidsmatige ondersteuning hiervan.

Vier families

De talloze uitingsvormen en toepassingsmogelijkheden zijn ingedeeld in een viertal families van Energy Hubs: Gebouwde omgeving, mobiliteit, bedrijventerreinen en cluster 6 bedrijven (grootschalige energieverbruikers). Voor iedere familie is in kaart gebracht wat de belangrijkste technisch-financiële, organisatorische, governance en juridische bouwstenen zijn. Energy Hub bouwstenen zoals opslag, conversie, inzet lokale duurzame bronnen en vraag / aanbodsturing zijn vrijwel steeds aanwezig in verschillende combinaties. Grote verschillen tussen de families zijn te vinden in de organisatie, governance en juridische borging van de Energy Hubs en daarmee in het traject van totstandkoming en exploitatie van de Energy Hub (zie [link](#) voor totaaloverzicht bouwstenen).

Groot potentieel voor verlichten piekbelasting

Voor de korte termijn tot 2030 speelt vooral het verminderen van de netcongestie. Met een multiplier-analyse is op basis van publieke databases top-down onderbouwd dat Energy Hubs met tot 3,2 GW bij kunnen dragen aan het verlichten van de piekbelasting van het elektriciteitsnet. Benadrukt wordt dat dit niet gelijk staat aan het vermijden van netcongestie en in het verlengde daarvan welke netinvesteringen uitgespaard worden. Hiervoor zijn specifieke data per verzorgingsgebied van de netbeheerders nodig, naast investeringskentallen. Beide zijn niet publiek. Met dit rapport is een analyse opgeleverd om tot meer inzicht te komen. Verdere doorontwikkeling in nauwe samenwerking met de netbeheerders (zowel nationaal als regionaal) is raadzaam (zie [link](#) voor totaalbeeld multiplier-analyse).

Kleine 1.200 Energy Hubs kansrijk

Voor heel Nederland is per regio in kaart gebracht waar zich kansrijke situaties voor doen voor de ontwikkeling van een Energy Hub. In totaal zijn dit 1.183 hubs verspreid over de 4 families.

Lokaal wat kan, centraal wat moet

Dit rapport kijkt nadrukkelijk verder dan de korte termijn. Ook in het energiesysteem op langere termijn (2050) speelt elektriciteit de hoofdrol. Ongelimiteerde elektrificatie is echter niet haalbaar. De balans wordt bereikt door lokaal zo flexibel mogelijk met energie om te gaan. Lokaal wat kan, centraal wat moet is dan het leidende principe in de zoektocht naar een balans tussen vraag en aanbod. Energy Hubs maken de optimale benutting en inzet van lokale bronnen binnen de hub en/of de nabije omgeving mogelijk.

Grootste impact bij verzorgingsgebied HS/MS onderstation

In dit rapport wordt vastgesteld dat Energy Hubs juist tot hun recht komen in het verzorgingsgebied van TenneT en vooral de regionale netbeheerder bij een HS/MS onderstation (150 kV). Door via een gebiedsgerichte aanpak te sturen op een combinatie van hubs kan de grootste bijdrage geleverd worden aan de balans tussen vraag en aanbod. Zowel het energie- als het omgevingsbeleid hebben belang bij Energy Hubs. Vanuit energiebeleid is er het belang om het transport van energie te beperken en het ontlasten van het elektriciteitsnet door de inzet van alternatieve energiedragers groen gas, warmte en waterstof. Vanuit het omgevingsbeleid wordt zo bijgedragen aan het minimaliseren van het gebruik van ruimte voor energie.

Van transactionele samenwerking en randvoorwaardelijke (markt) sturing naar

Of het volledige potentieel van de mix van Energy Hubs waar gemaakt wordt, kan niet los gezien worden van de ambitie die samenwerkende partijen binnen een hub hebben. Is de ambitie primair het verminderen van netcongestie? En willen zij hier primair op inspelen via zakelijke afstemming van belangen (transactioneel samenwerken) eventueel met inhuur van een externe dienstverlener (functioneel samenwerken)? De overheid sluit hierop aan met randvoorwaardelijk beleid. Bijvoorbeeld door het juridisch mogelijk maken van het afdwingen van congestiemanagement door de netbeheerders.

....ondernemende samenwerking en gebiedssturing

Partijen kunnen ook de "smaak" van het samenwerken te pakken krijgen door te verkennen wat het potentieel is van intensiever samenwerken. Energy Hubs kunnen daarbij de opgave van sec het verminderen van netcongestie verbreden naar klimaatneutraliteit en andere thema's, zoals de gezamenlijke toegang tot schoon water of het uitwisselen van grondstoffen (circulariteit). De methodiek van Energy Hubs kan dan breder toegepast worden. De overheid stuurt hierop via een lange termijn visie op het gebied. Op lange termijn verschuift het accent van een randvoorwaardelijke (markt)sturing naar een sturing vanuit de opgave van het gebied (gebiedssturing).

In de slides 3 tot en met 6 worden de bouwstenen voor de 4 families samengevat voor de periode nu-2030. Deze kunnen per familie en daarbinnen per hub worden benut als een basis voor dialoog tussen deelnemers in een hub en met de omgeving. Dit ten behoeve van de invulling van de Energy Hub.

Energy Hub bouwstenen

Gebouwde omgeving

- (Seizoens) warmte opslag**
 - Load-shifting van warmtevraag en aanbod
 - Bovengrondse opslag tanks of
 - ondergrondse aquifers
 - Schaalgrootte 0,01 – 1,000 MWh
- Restwarmte Benutten**
 - Restwarmte vanuit nabij bedrijven of riool benutten voor gebouwverwarming
 - Warmtenet in combinatie met warmtepompen
 - Schaalgrootte: 0,1 - 100 MWth
- Zon PV**
 - ZonPV op daken of aansluiten op nabije zonneweide
 - 4,2 kWp per 100m2 dak, 1,2 MWp per hectare voor nabij zonneweide
 - Hub vormen d.m.v. van een energie coöperatief tussen huishoudens
- Slimladers Vehicle to grid**
 - Demand response door laadsnelheden beperken
 - Peak-shaving d.m.v. elektrische auto's
 - Mogelijk met bi-directioneel laders
 - Technologie nog in de beginfase, marktsysteem nog onduidelijk
- Thuis-batterijen**
 - Balanceren van duurzame opwek
 - Lithium-ion technologie
 - 5 - 15 kWh ~1m x 0,7m
 - Uitdagingen rondom eigenaarschap en brandveiligheid
- Buurt-batterijen**
 - Peak-shaving of balanceren van duurzame opwek
 - Lithium-ion, Redox flow technologie
 - 0,5 – 2 MWh (~1 à 2 zeecontainers)
 - Uitdagingen rondom eigenaarschap en brandveiligheid

Mobiliteit

- Batterijopslag**
 - Peak-shaving of balanceren van duurzame opwek
 - Lithium-ion technologie
 - 0,25 – 1 MWh
 - Beperkte ruimte, brandveiligheid
- Zon PV, Wind**
 - Aansluiten nabij zonneweide of windturbine, beperkte zonPV op daken
 - 4,2 kWp per 100m2 dak, 1,2 MWp per hectare voor nabij zonneweide
 - 1-3 MWe per windturbine
- Solar carports**
 - ZonPV op plekken met beperkte dakoppervlakte, ook bescherming voor EV's
 - 3 kWp per parkeerplek
 - Voldoende parkeerruimte nodig
- Slimladers**
 - Demand response door laadsnelheden (tijdelijk) te beperken.
 - Laders met dynamic load balancing.
 - Laders met ingebouwde batterijen (reduceert laadvermogen tot 25%).
- Moleculen conversie**
 - Alternatieve brandstoffen
 - Waterstof, e-fuels
 - Beschikbaarheid van (groene) varianten
- Koppeling met rail infra**
 - Vrije elektrische capaciteit benutten van nabij bestaande rail-infra
 - Eist een elektrische koppeling met rail infra (extra verdelers en trafo's)
 - Uitdagingen rondom leveringszekerheid voor rail-infra

Bedrijventerreinen










- (Seizoens) warmte opslag**
 - Load-shifting van warmtevraag en -aanbod
 - Bovengrondse opslag tanks of
 - ondergrondse aquifers
 - Schaalgrootte 0,01 – 1.000 MWh
- Restwarmte benutten**
 - Restwarmte vanuit nabije bedrijven of riool benutten voor gebouwverwarming
 - Warmtenet in combinatie met warmtepompen
 - Schaalgrootte: 0,1 - 100 MWth
- Zon PV**
 - Zon PV op daken of aansluiten op nabije zonneweide
 - 4,2 kWp per 100m2 dak, 1,2 MWp per hectare voor nabij zonneweide
- Slimladers**
 - Demand response door laadsnelheden te beperken
 - Laders met dynamic load balancing.
 - Laders met ingebouwde batterijen (reduceert laadvermogen tot 25%).
- Grootschalig batterijopslag**
 - Peak-shaving of balanceren van duurzame opwek.
 - Lithium-ion, Redox flow technologie
 - 0,5 – 15 MWh (~ tot 200 m2)
 - Uitdagingen rondom brandveiligheid
- Generatoren**
 - Peak-shaving (back-up)
 - (groen) gasmotoren, WKK's, bio-diesel generatoren
 - 0,25 – 8 MWe (~ 1 zeecontainer per 2 MW)
 - Uitdagingen met resulterende stikstof en geluid emissies
- H₂ conversie**
 - Peak-shaving, balanceren van duurzame opwek, brandstof logistiek vervoer
 - H₂ fuel cell, elektrolyser, battolyser
 - 0,25 – 3 MWe (1 zeecontainer tot ~300 m2)
 - Uitdagingen rondom beschikbaarheid van groene waterstof en ruime veiligheidscontouren

Cluster 6

- HT Warmte batterijen**
 - Peak-shaving door e-boiler piekverbruik in tijd te verschuiven (200 – 1.300C)
 - Storage materiaal gebaseerd op verwerkte vorm stalenslak of beton
 - 5 – 150 MWh (zeecontainer tot ~400 m2)
- Restwarmte productie**
 - Restwarmte delen met nabije bedrijven of woningen
 - d.m.v. warmte wisselaars en warmtenet
 - Schaalgrootte: 0,1 - 100 MWth
 - Uitdagingen: afstand tot (potentiële) afnemers
- Zon PV, Wind**
 - Aansluiten op nabije zonneweide of windturbine, beperkte Zon PV op daken
 - 4,2 kWp per 100m2 dak, 1,2 MWp per hectare voor nabij zonneweide
 - 1-3 MWe per windturbine
- Grootschalig batterijopslag**
 - Peak-shaving of balanceren van duurzame opwek
 - Lithium-ion, redox flow
 - 2 – 100 MWh (~ tot 0,5 hectare)
 - Uitdagingen rondom ruimte en brandveiligheid
- Generatoren**
 - Peak-shaving (back-up)
 - (groen) gasmotoren, WKK's, bio-diesel generatoren
 - 0,5 – 20 MWe (~ 1 zeecontainer per 2 MW)
 - Uitdagingen met resulterende stikstof en geluid emissies
- H₂ conversie**
 - Peak-shaving, balanceren van duurzame opwek, brandstof logistieke vervoer
 - H₂ fuel cell, elektrolyser, battolyser
 - 0,5 – 3 MWe (zeecontainer tot ~300 m2)
 - Uitdagingen rondom beschikbaarheid van groene waterstof en ruime veiligheidscontouren

Energy Hub bouwstenen

Gebouwde omgeving

Karakter samenwerking 	<ul style="list-style-type: none"> • Transformatief samenwerken • Opbouwen van vertrouwen en eigenaarschap. Zaak van lange adem.
Doel: Optimaliseren /innoveren 	<ul style="list-style-type: none"> • Innoveren met oog op verminderen netcongestie en aardgasvrij.
Uitwisselen/delen data-kennis-assets 	<ul style="list-style-type: none"> • Delen van gebruiksgegevens • Gezamenlijke leeromgeving • Gedeelde assets
Sleutelrollen 	<ul style="list-style-type: none"> • Gemeente regierol warmtetransitie • Woningcorporatie(s) • Energiecoöperatie indien aanwezig • Netbeheerder
Grondvorm samenwerking 	<ul style="list-style-type: none"> • Ondernemend samenwerken: Actieve bewoners erkennen dat zij elkaar nodig hebben. Zij verwachten van elkaar volledig commitment, ook voor de langere termijn.
Consensus doel 	<ul style="list-style-type: none"> • Bij collectieve voorzieningen (bijv. warmtenet) consensus over doel cruciaal.
Eigenaarschap 	<ul style="list-style-type: none"> • Idealiter bij bewoners • In praktijk vaak bij gemeente
Selectie 	<ul style="list-style-type: none"> • Op korte termijn "coalition of the willing" met aanjagende rol gemeente. • Energiecoöperatie en woningcorporatie kunnen ondersteunen
Publieke sturing 	<ul style="list-style-type: none"> • Vanuit de opgave en in nauwe samenwerking met woningcorporaties en huiseigenaren. • Meer inzet formele, juridische instrumenten

Mobiliteit

Karakter samenwerking 	<ul style="list-style-type: none"> • Transactioneel samenwerken • Accent op standaardisatie, concrete regels en efficiëntie
Doel: Optimaliseren /innoveren 	<ul style="list-style-type: none"> • Elektriciteit: Optimaliseren van laadplanning • Waterstof: Innoveren, vooral productiekant
Uitwisselen/delen data-kennis-assets 	<ul style="list-style-type: none"> • Uitwisselen van gebruiksgegevens. • Opstellen van gezamenlijke laadschema's
Sleutelrollen 	<ul style="list-style-type: none"> • Aanbiedende partijen, in het bijzonder. laadstations • Netbeheerder
Grondvorm samenwerking 	<ul style="list-style-type: none"> • Transactioneel samenwerken: De hub draait om een eenduidige product dat wordt afgenomen tegen afgesproken voorwaarden.
Consensus doel 	<ul style="list-style-type: none"> • Binnen de hub van belang, • In beginfase nog minder met omgeving. • Bij afnemen opwek uit omgeving wel van belang.
Eigenaarschap 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitant laadinfrastructuur • Parkmanagement op bedrijventerreinen
Selectie 	<ul style="list-style-type: none"> • Parkmanagement bij creëren "Coalition of the willing"
Publieke sturing 	<ul style="list-style-type: none"> • Sturing vanuit de markt, accent op faciliteren marktwerking • Bij betrekken opwek uit nabije omgeving, sturing op ruimtelijk clusteren vraag en aanbod

Bedrijventerreinen

Karakter samenwerking 	<ul style="list-style-type: none"> • Transactioneel (indien sec opgave netcongestie), • Kan gezien grote opgave klimaatneutraliteit snel opschuiven naar transformatief)
Doel: Optimaliseren /innoveren 	<ul style="list-style-type: none"> • Innoveren. Op basis van gedeelde data afstemmen bedrijfsprocessen. Veelal ook inpassen opslag en mogelijk ook conversie tussen energiedragers
Uitwisselen/delen data-kennis-assets 	<ul style="list-style-type: none"> • Uitwisselen van gebruiksgegevens. • Indien er concurrerende bedrijven in de hub zijn, gedetailleerde contractuele afspraken over data.
Sleutelrollen 	<ul style="list-style-type: none"> • ESCo (kan parkmanager zijn). • Aggregator (bij hub als "spons"/"bron") • Netbeheerder
Grondvorm samenwerking 	<ul style="list-style-type: none"> • Transactioneel samenwerken: Nadruk op resultaatgerichtheid om grootste netcongestie het hoofd te kunnen bieden. Indien inzet ESCo, afspraken maken over dienstenniveau.
Consensus doel 	<ul style="list-style-type: none"> • Binnen de hub van belang, • In beginfase nog minder met omgeving. • Bij afnemen opwek uit omgeving wel van belang.
Eigenaarschap 	<ul style="list-style-type: none"> • ESCo/Parkmanagement
Selectie 	<ul style="list-style-type: none"> • ESCo/Parkmanagement bij creëren "Coalition of the willing"
Publieke sturing 	<ul style="list-style-type: none"> • Sturing vanuit de markt. • Rol overheid faciliteren van samenwerking. • Mogelijk maatschappelijk prioriteren benodigde netinvesteringen (PMIEK)

Cluster 6

Karakter samenwerking 	<ul style="list-style-type: none"> • Transactioneel met focus op contracten en afspraken
Doel: Optimaliseren /innoveren 	<ul style="list-style-type: none"> • Innoveren: vooral opvangen pieken warmte-intensieve processen
Uitwisselen/delen data-kennis-assets 	<ul style="list-style-type: none"> • Uitwisselen van data. • Vroegtijdig informeren van omgeving cruciaal voor opbouwen vertrouwensrelatie
Sleutelrollen 	<ul style="list-style-type: none"> • Cluster 6 bedrijf zelf • Netbeheerder(s): afspraken over congestiemanagement en non-ATO.
Grondvorm samenwerking 	<ul style="list-style-type: none"> • Transactioneel samenwerken
Consensus doel 	<ul style="list-style-type: none"> • Het doel is verminderen van netcongestie.
Eigenaarschap 	<ul style="list-style-type: none"> • Cluster 6 bedrijf • Gezien grote impact op net en omgeving, ook netbeheerder(s) en overheden
Selectie 	<ul style="list-style-type: none"> • Cluster 6 bedrijf primair aan zet om meerwaarde voor omgeving aan te tonen.
Publieke sturing 	<ul style="list-style-type: none"> • Combinatie van rechtmatige overheid (faciliteren opleggen van congestiemanagement) en netwerksturing (maatwerkafspraken provincie – Cluster 6 bedrijf).

Energy Hub bouwstenen

Juridisch

Gebouwde omgeving

Juridisch borgen



- Opwekken, opslaan, omzetten en verbruiken van energie

Verhoudingen partijen



- Kleinverbruikers (kopers en huurders), grootverbruikers, warmtebedrijven, energieleveranciers, netbeheerders en bevoegd gezag.
- Sterke mate van ongelijkheid en afhankelijkheid binnen gemeenschappelijke doel

Samenwerkingsvorm



- Energiegemeenschap/coöperatie (toekomst)

Realisatiefase



- Ondernemend samenwerken

Mobiliteit

Juridisch borgen



- Opwekken, opslaan, omzetten en verbruiken van energie

Verhoudingen partijen



- Energieproducenten/leveranciers, bevoegd gezag, netbeheerders, (laadinfra)bedrijven en hoofdzakelijk grootzakelijke gebruikers zoals OV en transportbedrijven (> 100 kW).
- Sterke mate van afhankelijkheid binnen het gemeenschappelijke doel (o.a. capaciteit/vraag/aanbod) en een sterke mate van gelijkheid

Samenwerkingsvorm



- Contractuele samenwerking

Realisatiefase



- Contractuele samenwerking en/of ontwikkelentiteit (bijv. coöperatieve vereniging).

Bedrijventerreinen

Juridisch borgen



- Opwekken, opslaan, omzetten en verbruiken van energie

Verhoudingen partijen



- Bedrijven op het bedrijventerrein (hoofdzakelijk grootverbruikers > 100 kW) de netbeheerder en een energiepartner (Energy Service Company bijv.)
- Sterke mate van afhankelijkheid binnen het gemeenschappelijke doel (o.a. capaciteit/vraag/aanbod) en een sterke mate van gelijkheid

Samenwerkingsvorm



- Contractuele samenwerking

Realisatiefase



- Contractuele samenwerking en/of ontwikkelentiteit (bijv. coöperatieve vereniging).

Cluster 6

Juridisch borgen



- Opwekken, opslaan, omzetten en verbruiken van energie

Verhoudingen partijen




- Cluster 6 bedrijf, netbeheerder(s), bevoegd gezag en nabije groot-/kleinverbruikers (als belanghebbenden).
- Vanwege dominante rol cluster 6 bedrijf sprake van grote ongelijkheid

Samenwerkingsvorm



- Contractuele samenwerking

Realisatiefase



- Contractuele samenwerking.
- Gezien de grote impact op de omgeving, realisatiefase wellicht langere doorlooptijd dan 2030.

Energy Hub bouwstenen

Kleinverbruikers



Energie coöperatie

- Energielivering (en vergoeding) ontvangen van eigen opwek/opslag asset via een energie coöperatie
- Zonneweides, windparken



Directe lijn

- Verbinden met opwek/opslag asset buiten eigen perceel.
- E.g. zonneweides, zon op daken, BESS.

Grootverbruikers



Groeps-TO

- Het samenvoegen van transportovereenkomsten en collectief piekverbruik beheren.
- Kan in combinatie met technische bouwstenen transportvermogen verdubbelen.
- Uitdaging rondom het opgeven van individuele ATO's, momenteel alleen (in pilot) beschikbaar voor grootverbruikers



Groeps-CBC

- Dienst (vermogen) bieden aan de netbeheerder middels een CSP.
- Individuele ATO's blijven bestaan



ATR contracten

- Met name tijdsblok transport overeenkomsten, waarbij voor een bepaalde tijdsperiode (extra) transportcapaciteit kan worden aangeboden door netbeheerder
- Vaak in combinatie met energieopslag bouwstenen (elektrische of warmte-opslag) om binnen piekuren te benutten



Directe lijn

- Verbinden met opwek/opslag asset buiten eigen perceel.
- E.g. zonneweides, zon op daken, BESS.



Cable pooling

- Assets verbinden op één aansluiting.
- E.g. opwek, opslag en verbruikers
- Eigenaar en exploitatie moet gelijk



GDS

- Netdiensten op (gesloten) net van een bedrijventerrein leveren en beheren.
- Sterke eisen vanuit ACM en ontheffing wordt zelden verleent.



Nul-op-de-meter

- Zelf een lokaal netwerk aanleggen zonder fysieke verbinding met het net, waarna de netbeheerder bij beschikbare netcapaciteit dit overneemt en verbinding maakt met het net.
- Momenteel zelden in sterk overeenstemming met netbeheerder toegepast.

CO₂ reductie
1,5 tot 4,8 Mton CO₂

Verminderde piekbelasting
3,2 GW

Meest kansrijke regio's
❖ Metropoolregio Eindhoven
❖ Regio Noord-Holland Zuid
❖ Regio West-Brabant
❖ Regio Friesland

Multiplier-analyse, resultaten van 4 families

Totaalbeeld van impact Energy Hubs 4 families

Het totaalbeeld komt voort uit de analyse van de vier families (zie tabel 1). We nemen aan dat een Energy Hub, in combinatie met de duurzame elektriciteitsopwek, een groot deel van de verduurzaming en pieken kan opvangen. Echter, elektriciteit zal geen geïsoleerde energiebron binnen de hub zijn. Een deel van de elektriciteit zal van het net komen of opgewekt moeten worden via een WKK of andere back-up. Dit is in de studie vertaald naar een impactfactor. Een hoge impactfactor betekent dat de Energy Hub een groot deel van de energievoorziening zelf duurzaam kan leveren. Anders gezegd, dan is de hub niet afhankelijk van het elektriciteitsnet. Bij een lage impactfactor zal meer elektriciteit van het net of uit back-ups (WKK's of generatoren) komen. De impactfactor beïnvloedt zowel de CO₂-reductie als de piekreductie.

Uiteindelijk leveren Energy Hubs volgens onze berekeningen een besparing van **1,5 tot 3,7 Mt CO₂** op, afhankelijk van het gedeelte eigen duurzame opwek..

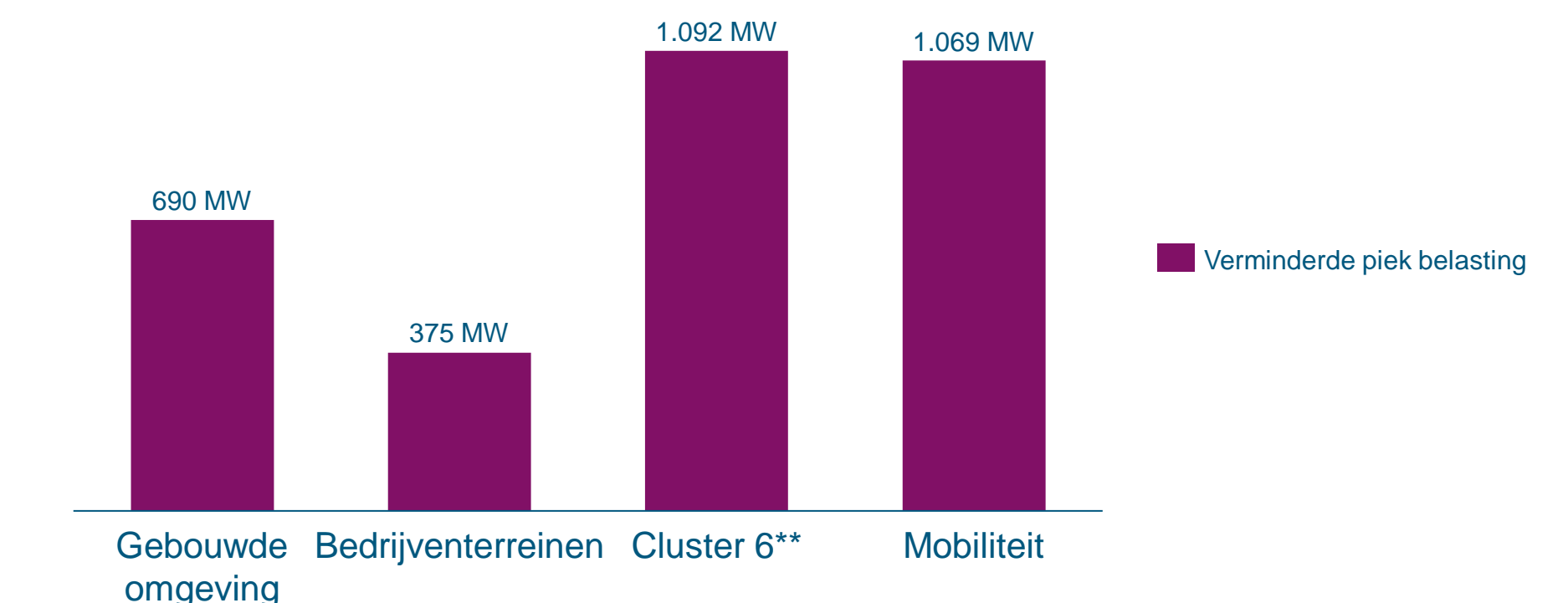
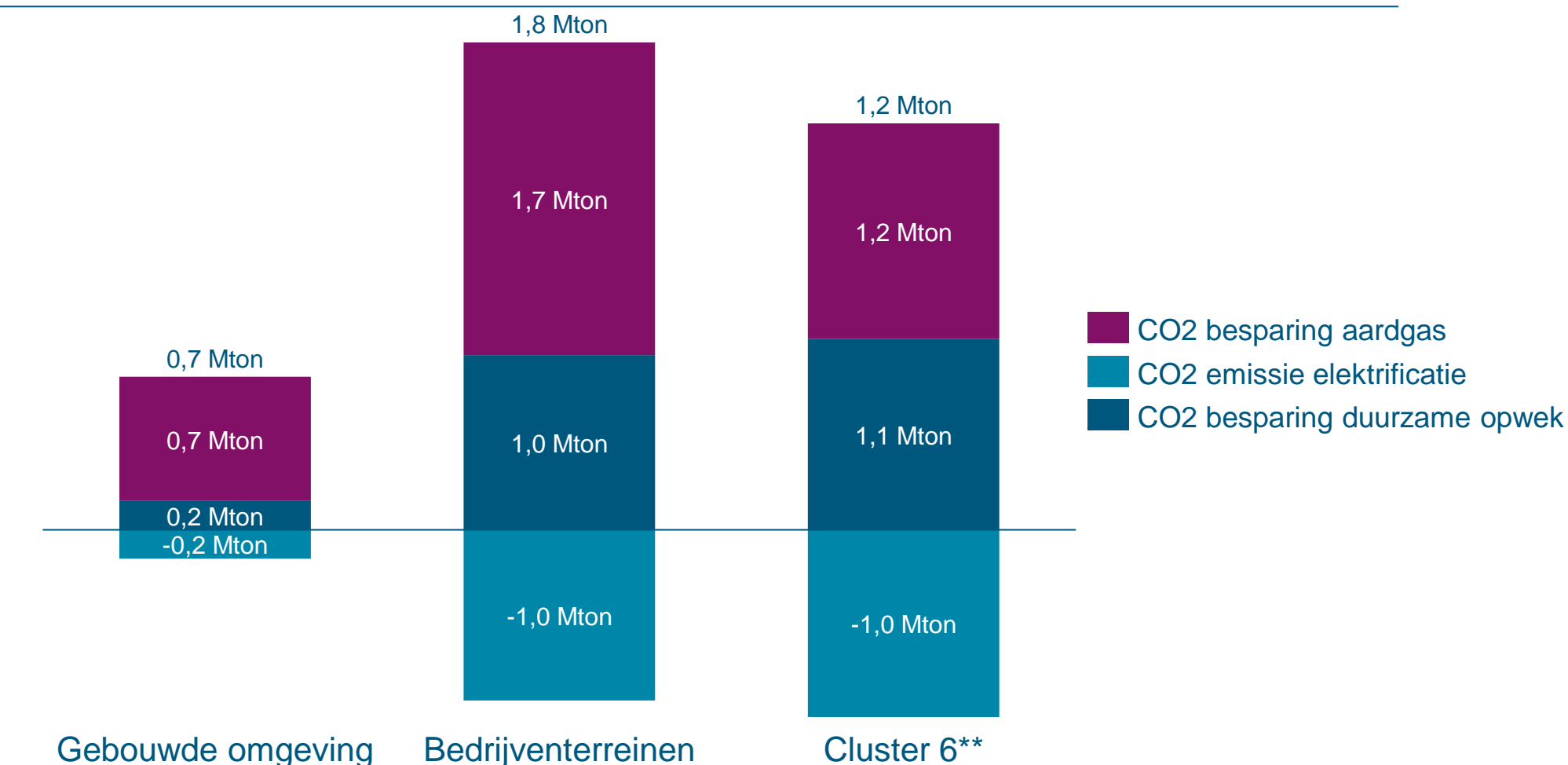
Als het aardgas gebruik van WKK's/ back-up generatoren, met groengas of waterstof wordt opgevangen, zal dit oplopen naar **3,7 tot 4,8 Mt CO₂**

Tabel 1: Resultaten data analyse overzichtstabel

Familie	Aantal	Verminderde piek belasting	Netto CO ₂ besparing	Impact Factor
		In MW	In Mton/jaar	
	Energy Hubs	In MW	In Mton/jaar	
Gebouwde omgeving	500	690	0,7	92%
Mobiliteit	250	375		60%
Bedrijventerreinen	349	1.092	1,8	MC* laag = 92% MC* hoog = 82%
Cluster 6 op bedrijventerreinen	16	331	0,5	82%
Cluster 6 solitair	68	737	0,8	82%
Totaal	1.183	3.225	3,7	

De gemiddelde waarde per Energy Hub:

- 2,7 MW piek reductie
- 1,6 tot 3,9 kton CO₂ emissiereductie



Inschatting van verminderde piekbelasting elektriciteit bij volledige elektrificatie van energie hubs. Berekend op basis van het verschil in elektriciteit vraag voor en na elektrificatie voor geselecteerde hubs in een gebied met net-congestie op afname.

** Een deel van de cluster 6 bedrijven bevinden zich op de geselecteerde bedrijventerreinen, deze zijn in tabel 1 uitgesplitst.

Inhoudsopgave

Management samenvatting

1. Inleiding
2. Centrale vraag, definitie en scope
3. Onderzoeksaanpak
 - A. Analyse energiesysteem
 - B. Analyse driehoek organisatorisch, governance en juridisch
 - C. Multiplier-analyse
4. Families
 - A. Gebouwde omgeving
 - B. Mobiliteit
 - C. Bedrijventerreinen
 - D. Cluster 6 bedrijven

5. Gebiedsontwikkeling en energy hubs

6. Beleidsadviezen

7. Kennisagenda

8. Conclusies en aanbevelingen voor vervolg

Bijlagen

- A. Verdieping onderzoeksaanpak
 - i. Analyse energiesysteem
 - ii. Analyse driehoek organisatorisch, governance en juridisch
 - iii. Multiplier-analyse
- B. Klankbordgroep
- C. Bronnen
- D. Databases
- E. Overzicht effecten op bedrijventerreinen
- F. Definities en afkortingen

1. Inleiding



1. Inleiding

Een onderzoek naar Energy Hubs

Energy Hubs staan sterk in de belangstelling. Energy Hubs spelen een rol in het verminderen van netcongestie en zijn een belangrijk onderdeel van een robuust decentraal energiesysteem. Zij geven beter invulling aan de beschikbare transportcapaciteit en het verbinden van lokale opwek aan de lokale vraag. Meer strategische en lokale autonomie komt binnen bereik. Energy Hubs dragen ook bij aan het behalen van de Nederlandse CO₂-doelen en de transitie naar een duurzame economie. Energy Hubs vullen dus belangrijke maatschappelijke taken in. Tegelijkertijd zijn er veel verschillende definities en vormen, dit maakt Energy Hubs ongrijpbaar.

Een Energy Hub is een **slim gestuurd, decentraal energiesysteem** waar hernieuwbare energieopwekking en consumptie in een specifiek gebied zoveel mogelijk op elkaar worden afgestemd. In dit rapport wordt benadrukt dat Energy Hubs nog volop in ontwikkeling zijn. Steeds meer is bekend, maar er zijn ook nog onzekerheden. De opstelling van dit rapport sluit hierbij aan. Met inspiratie van de vele praktijkprojecten en in interactie met een breed samengestelde klankbordgroep zijn er stappen gezet van onderop.

In dit rapport is gekozen voor een archetypen benadering waarbij de belangrijkste handvaten aangereikt worden voor de verdere gestructureerde ontwikkeling van Energy Hubs. In plaats van de wat abstracte term “archetypen”, wordt verder gesproken over “families”. We maken onderscheid in vier families van hubs. Deze benadering voorziet in het fundament om te komen van de innovatieve pilots naar opschaling van Energy Hubs voor 2030.

Leeswijzer

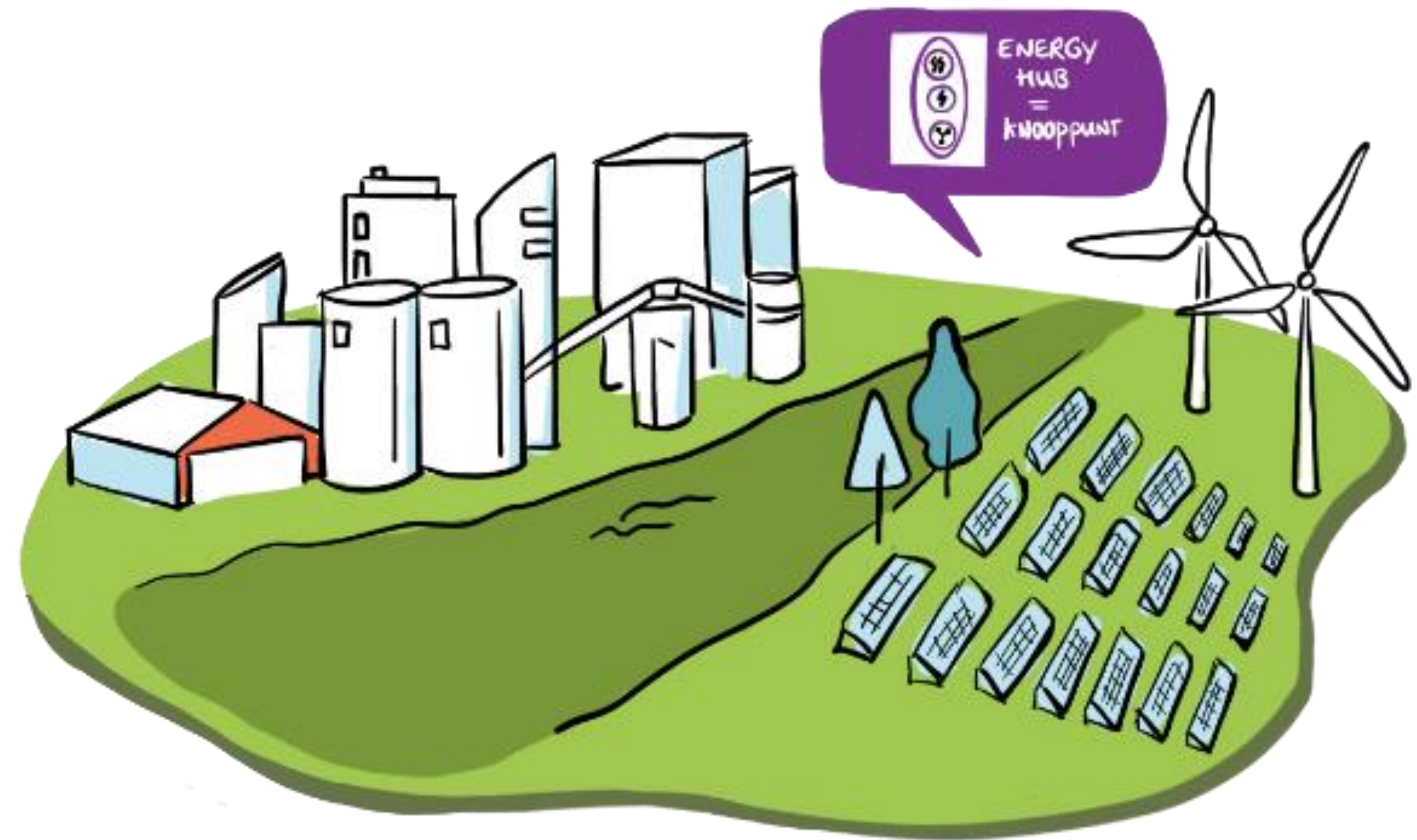
Hoofdstuk 2 gaat in op de centrale vraag van het rapport, geeft een verdieping van de definitie en benoemt de scope. **Hoofdstuk 3** geeft de kern van de onderzoeksaanpak weer met aandacht voor de vragen: Hoe het energiesysteem (technisch-financieel) in te richten? Hoe te organiseren? Hoe aan te sturen (governance)? Hoe juridisch te borgen? Hoofdstuk 3 gaat met een multiplier-analyse verder in op hoe de maatschappelijke impact van Energy Hubs in kaart gebracht wordt. We gaan in op verlichting van de pieken in de belasting van het elektriciteitsnet, CO₂ reductie en extra duurzame opwek. Tot slot bieden we een overzicht van alle bouwstenen per familie. Met dit hoofdstuk bieden we de basiskennis voor **hoofdstuk 4** dat in gaat op de families van Energy Hubs: Gebouwde omgeving, mobiliteit, bedrijventerreinen en Cluster 6 bedrijven (grootschalige energieverbruikers). Per familie wordt aangegeven wat de belangrijkste bouwstenen zijn en, op basis van een multiplier-analyse, wat de maatschappelijke impact is. Daarnaast geeft deze analyse een indruk van de locaties in Nederland die kansrijk zijn voor de ontwikkeling van welke families. **Hoofdstuk 5** gaat in op de relatie tussen gebiedsontwikkeling en Energy Hubs.

Energy Hubs worden gepositioneerd in het energiesysteem van een gebied en de bijdrage die zij kunnen leveren aan de balans tussen vraag en aanbod van energie. In **hoofdstuk 6** wordt ingegaan op hoe de overheid kan sturen op de bijdrage van Energy Hubs aan maatschappelijke opgaven. De maatschappelijke opgave wordt centraal gesteld en in de tijd geplaatst. Onderscheid wordt gemaakt tussen de opgaven “Verlichten druk op het elektriciteitsnet” (tot 2030), “Klimaatneutraliteit” (2030-2040) en “Integrale verduurzaming” (2040-2050). Vanuit het beleid bezien wordt de Energy Hub ontwikkeling aan het energie- en het omgevingsbeleid getoetst. **Hoofdstuk 7** benoemt de belangrijkste kennisvragen op basis van dit onderzoek. Het rapport wordt afgesloten met **hoofdstuk 8**, de conclusies en aanbevelingen voor het vervolg.

Doelgroepen

Dit rapport biedt handvatten en richting voor de praktijk van zowel overheden (zowel op nationaal, provinciaal, regionaal als gemeentelijk niveau), netbeheerders (zowel landelijk als regionaal) als bedrijven (variërend van MKB tot cluster 6 bedrijven). Daarnaast biedt dit onderzoek bouwstenen voor verder onderzoek door kennisinstellingen en advisering door adviesbureaus.

2. Centrale vraag, definitie en scope



2. Centrale vraag, definitie en scope

Waar is wat mogelijk met Energy Hubs?

Orde in de chaos met archetypen en de multiplier

In dit onderzoek staat de vraag centraal:

Hoe orde kan worden geschapen in de wereld van Energy Hubs?

Deze vraag wordt op twee manieren benaderd.

In de eerste plaats door de talloze mogelijkheden in uitingsvormen en toepassingsmogelijkheden te rubriceren. Hiervoor is een systeem van **families van Energy Hubs** ontwikkeld. Met dit systeem zijn de Energy Hubs voor het voetlicht gebracht die een groot potentieel voor herhaling hebben in Nederland en daarmee een wezenlijke bijdrage kunnen leveren aan onze energietransitie. Maar wat wordt verstaan onder “wezenlijk”?

Dit wordt in kaart gebracht door de **multiplier-analyse, de tweede manier** om orde in de chaos te brengen. Voor de analyse is een breed gedragen methodiek ontwikkeld die vervolgens is toegepast om een kwantitatieve inschatting van de kosten en baten van Energy Hubs te onderzoeken. Hiervoor zijn verschillende databases gebruikt die in de methode verder worden beschreven. Ook is er verder gewerkt op de ervaring die door Royal HaskoningDHV is opgedaan met Energy Hub voorbereiding en realisatie in Nederland, zowel in praktijkcases als beleidsmatige studies. Voorbeelden van publieke rapporten zijn [Meerwaarde Smart Energy Hubs voor Oost-Nederland](#) (in opdracht van ontwikkelmaatschappij Oost NL en de provincies Gelderland en Overijssel) en het rapport [Verduurzamen bedrijventerreinen met energiehubs](#) (in opdracht van NVDE/PVB). Daarnaast is er gebruik gemaakt van vele andere rapporten, zoals het onderzoek van de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur, [Samen werken: kiezen voor toekomstbestendige bedrijventerreinen](#), [Routekaart Energy Hubs: gids voor de ontwikkeling van een Energy Hub van RVO](#), [Potentie energiebesparing bedrijventerreinen van TNO](#), [“Verduurzaming van Bedrijventerreinen” van CE Delft](#), verschillende publicaties van het [consortium Eigen](#) en [diverse outlooks](#) van ElaadNL.

Maatschappelijke opgaven en eisen aan een Energy Hub

Een Energy Hub kan aan verschillende maatschappelijke opgaven een bijdrage leveren. De keuze voor de centraal te stellen opgave past voor een groot deel binnen de autonomie van de deelnemende partijen aan een hub (welke ambitie hebben zij?), maar is ook afhankelijk van het overheidsbeleid. Bij dit onderzoek wordt er vanuit gegaan dat de inrichting van een Energy Hub bepaald wordt door de maatschappelijke opgave.

Om het onderscheid tussen de opgaven en welke eisen dit stelt aan de inrichting van een hub (welke invulling van de bouwstenen?) scherp in beeld te krijgen, wordt in dit rapport onderscheid gemaakt tussen 3 maatschappelijke opgaven en daaraan gekoppelde termijnen.

- Voor de **korte termijn (nu tot 2030)** is het uitgangspunt dat als maatschappelijk opgave centraal staat het beter benutten van de beschikbare capaciteit op het elektriciteitsnet voor de Energy Hubs centraal staat: Immers, **netcongestie** is voor veel bedrijven en instellingen een belangrijk knelpunt. Bij de analyse van de bijdrage van Energy Hubs wordt er nadrukkelijk niet alleen naar elektriciteit gekeken als energiedrager, maar ook naar warmte, groengas en waterstof.
- Op **middellange termijn (2030 tot 2040)** is het uitgangspunt dat de maatschappelijk opgave van **klimaatneutraliteit** centraal staat.
- Voor de **lange termijn (2040 tot 2050)** is het uitgangspunt dat de maatschappelijk opgave van Energy Hubs zal verbreden naar een integrale **verduurzamingsagenda**, in het bijzonder circulariteit.

In de praktijk zal er een mix van opgaven zijn en zullen de termijnen in elkaar overlopen. In alle termijnen zijn bovendien ook andere opgaven van belang, zoals strategische autonomie en het verdienvermogen van het Nederlandse bedrijfsleven.

2. Centrale vraag, definitie en scope

Energy Hub: decentraal systeem met duurzame energie opwekking en consumptie in balans

Toelichting van de definitie

Er is geen eenduidige definitie voor een Energy Hub en deze kan op verschillende manieren worden ingevuld. Voor dit onderzoek wordt een Energy Hub als volgt gedefinieerd:

Een Energy Hub is een slim gestuurd, decentraal energiesysteem waar hernieuwbare energieopwekking en energieconsumptie in een specifiek gebied zoveel mogelijk op elkaar wordt afgestemd. Tegelijk wordt via de Energy Hub het bovenliggende energiesysteem ontlast en/of versterkt door binnen het gebied zoveel mogelijk vraag en aanbod van verschillende energiedragers te balanceren door lokale productie, consumptie, opslag en conversie te combineren. Om dit mogelijk te maken zijn naast de technische infrastructuur ook een verdienmodel, organisatievorm en afspraken met de omgeving nodig.

Scope

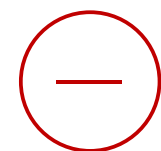
Het onderzoek richt zich op Energy Hubs op land. Het gaat om Energy Hub configuraties met herhalingspotentieel waarvoor het dus relevant is om een archetype benadering te volgen. We maken allereerst onderscheid tussen **drie soorten van hubs: Eiland, bron en spons**.

Bron Energy Hub



- Er is een structureel **overschot** aan energie.
- Het overschot wordt beschikbaar gemaakt voor de omgeving door de Energy Hub.

Spons Energy Hub

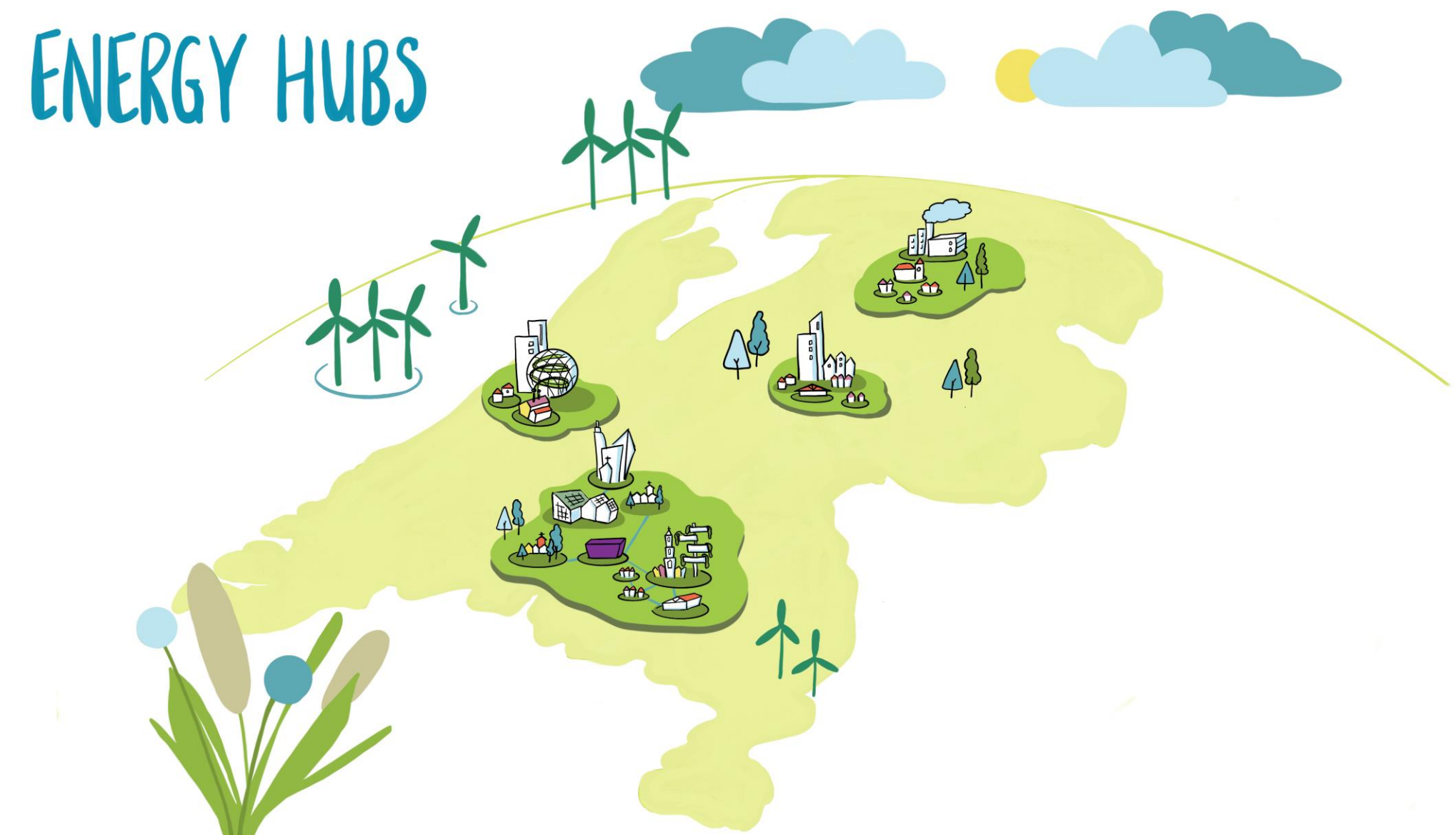


- Er is structureel een **tekort** aan energie.
- Het tekort wordt geïmporteerd voor gebruik binnen de Energy Hub.

Eiland Energy Hub



- Dit gebied is nagenoeg **zelfvoorzienend** in energie vraag/aanbod.
- Interactie met omliggende infrastructuur is beperkt.



2. Centrale vraag, definitie en scope

Energy Hub families

De vier families die in het onderzoek centraal staan:



A. **Hub – gebouwde omgeving:** Deze familie omvat hubs met een mix van wonen, werken en mobiliteit, gerelateerd aan de gebouwde omgeving. Afhankelijk van de situatie fungeert de hub als **een spons of eiland**. De hub faciliteert de duurzame elektrificatie en warmtetransitie van de gebouwde omgeving, met minimale impact op de netcapaciteit. Denk aan voorbeelden zoals de CO₂-vrije campus en stad Delft.



B. **Hub – mobiliteit:** Deze familie legt de nadruk op mobiliteit (weg, water, rail). De hub fungeert niet als bron, maar eerder **als spons of onderdeel van een eiland**. De hub brengt verschillende energiedragers voor transport bij elkaar, vaak in combinatie met opslagfaciliteiten, en maakt zo duurzame mobiliteit in de wijde omgeving mogelijk. Een voorbeeld is Watthub in Geldermalsen.



C. **Hub - bedrijventerreinen:** Deze familie omvat hubs specifiek op bedrijventerreinen en heeft een link met de industrie. In deze familie heeft de hub de functie van zowel **spons, eiland als bron**. Dit is afhankelijk van het type bedrijvigheid en de aanwezigheid van energiebronnen en energie-installaties op een bedrijventerrein. Als bron werken ze samen met de gebouwde omgeving en als spons absorbeert de hub opgewekte duurzame energie uit de directe omgeving. Voorbeelden zijn Spons Hessenpoort in Zwolle waar een waterstofknooppunt is voorzien dat in staat is overschotten zon, PV en wind uit de regio te absorberen, Bron InnoFase in Duiven waarbij de afvalverbrandingsinstallatie van AVR en op termijn de RWZI warmtebronnen zijn voor stadsverwarming in Arnhem e.o. en Eiland Heesch West, een green field bedrijventerrein dat bij start ontwikkeling voor 2030 noodgedwongen zonder netaansluiting zal moeten functioneren. Een bijzondere bedrijventerrein vorm zijn de glastuinbouwgebieden waar een intensieve uitwisseling van energiestromen plaatsvindt tussen de bedrijven onderling en hun omgeving. Voorbeeld NEXTgarden in Lingenwaard .



D. **Hub – cluster 6 bedrijven:** Deze familie bestaat uit hubs die cluster 6 bedrijven combineren met hun omgeving. Het cluster 6 bedrijf maakt geen onderdeel uit van een bedrijventerrein. Er is sprake van een solitair bedrijf. Cluster 6 bedrijven fungeren voornamelijk als **spons**, waarbij ze overschotten aan duurzame energie uit de omgeving flexibel absorberen. Daarnaast kan een cluster 6 bedrijf ook een **bron** van restwarmte zijn i.h.b. voor toepassing in de gebouwde omgeving. Een voorbeeld hiervan is Brick Valley waarbij grof keramische bedrijven via elektriciteit en waterstof als spons kunnen fungeren voor wind en zon in hun omgeving en ook restwarmte uit kunnen koppelen naar de gebouwde omgeving.

Geen CES 5 bedrijven

Uitgesloten worden Energy Hubs die mogelijk zijn in de vijf grote industrie clusters van de Cluster Energie Strategieën (CES). Door hun omvang vragen deze clusters om een eigen maatwerk aanpak.

Bij hybride Energy Hub indeling in familie naar dominantie of Energy Hub functie










Bepalend voor het indelen in een familie is de dominante energie activiteit in termen van capaciteit en volume. Bijvoorbeeld mobiliteit maakt vrijwel altijd onderdeel uit van elke Energy Hub familie. Alleen als de energiehuishouding van een Energy Hub overwegend wordt bepaald door aan mobiliteit gerelateerde activiteiten, dan is het een mobiliteit Energy Hub. Indien een cluster 6 bedrijf dominant is op een bedrijventerrein, dan is er sprake van een cluster 6 Energy Hub. Wanneer het onduidelijk is wat energetisch dominant is, dan bepaalt de activiteit die de beste mogelijkheden biedt voor het vervullen van een Energy Hub functie de indeling in de familie.

Mix van Energy Hubs op regionale schaal

In een regio kunnen meerdere Energy Hubs aanwezig zijn. Afhankelijk van hun aard en de beschikbare infrastructuur, kan deze mix van Energy Hubs elkaar aanvullen om tot een nog betere balancering van de energiehuishouding te komen. Op basis van de verrichtte analyse zijn er nog geen eenduidige bouwstenen om te kunnen spreken van een vijfde “integrale familie”. Hiervoor is meer praktijkervaring en nader onderzoek nodig. Er zijn wel aanknopingspunten vanuit gebiedsontwikkeling. Zie hiervoor hoofdstuk 5.

3. Onderzoeksaanpak

BOUWSTENEN

 RESTWARMTE	 DYNAMISCHE NETAANSWIJTING	 ORGANISATIE
 BUURT BATTERIJ	 PV/WIND	 GOVERNANCE
 SEIZOENSWARMTE OPSLAG	 CONVERSIE NAAR MOLECULEN	 JURIDISCH

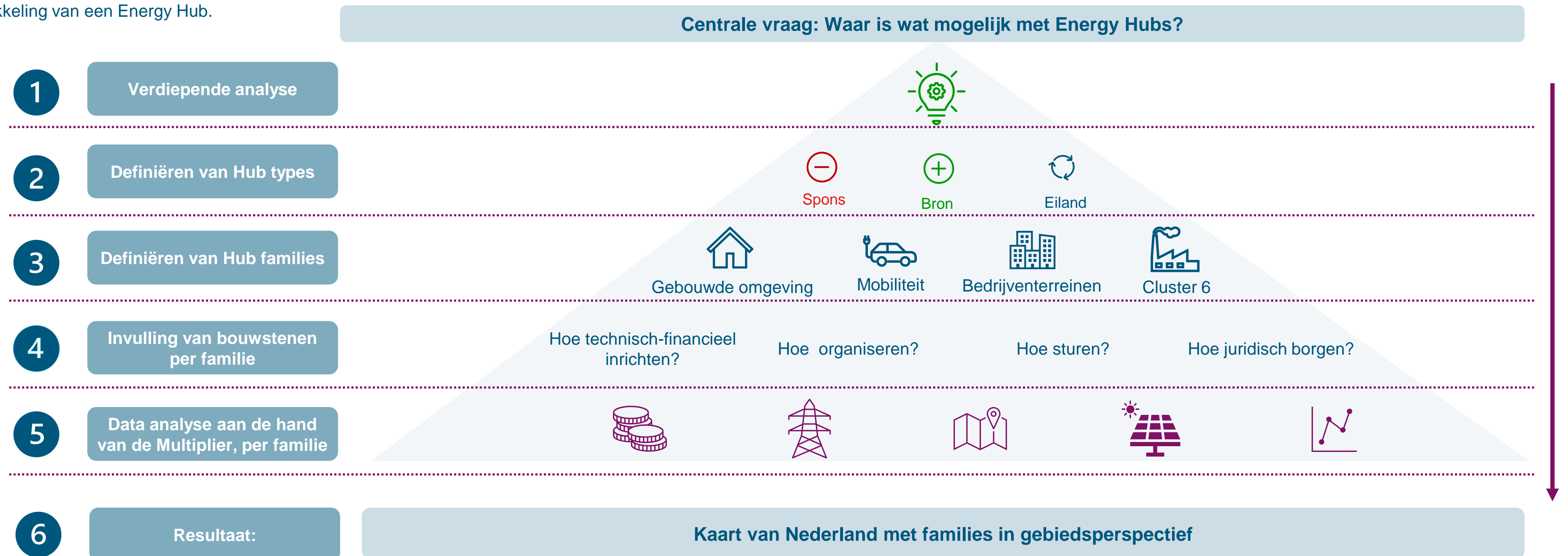
3. Onderzoeksaanpak

De 6 Analysestappen van vraag tot Energy Hub archetypes in gebiedsperspectief

Aan de hand van de volgende zes stappen is de hoofdvraag onderzocht

In de stappen 1 tot en met 3 zijn de typen Energy Hubs (spons, bron of eiland) en de families gedefinieerd. Vervolgens werden per familie de bouwstenen volgens een vast formaat. Deze antwoorden zijn daarna verwerkt met een multiplier-analyse om gebieden voor hubs binnen Nederland te onderzoeken. Hierdoor is duidelijk geworden wat waar het herhalingspotentieel voor welke familie is. De multiplier-analyse geeft een kwantitatief beeld. Het geeft een waarde aan de mogelijkheden van Energy Hubs, zonder al te diep in te gaan op casus specifieke eigenschappen. Daarnaast geeft de analyse een indruk van de locaties in Nederland die kansrijk zijn voor de ontwikkeling van een Energy Hub.

Dit hoofdstuk volstaat met de kern die nodig is voor het kunnen volgen van de ingevulde bouwstenen per familie. De stappen 4 en 5 worden in bijlage A "Verdieping onderzoeksaanpak" uitgewerkt.

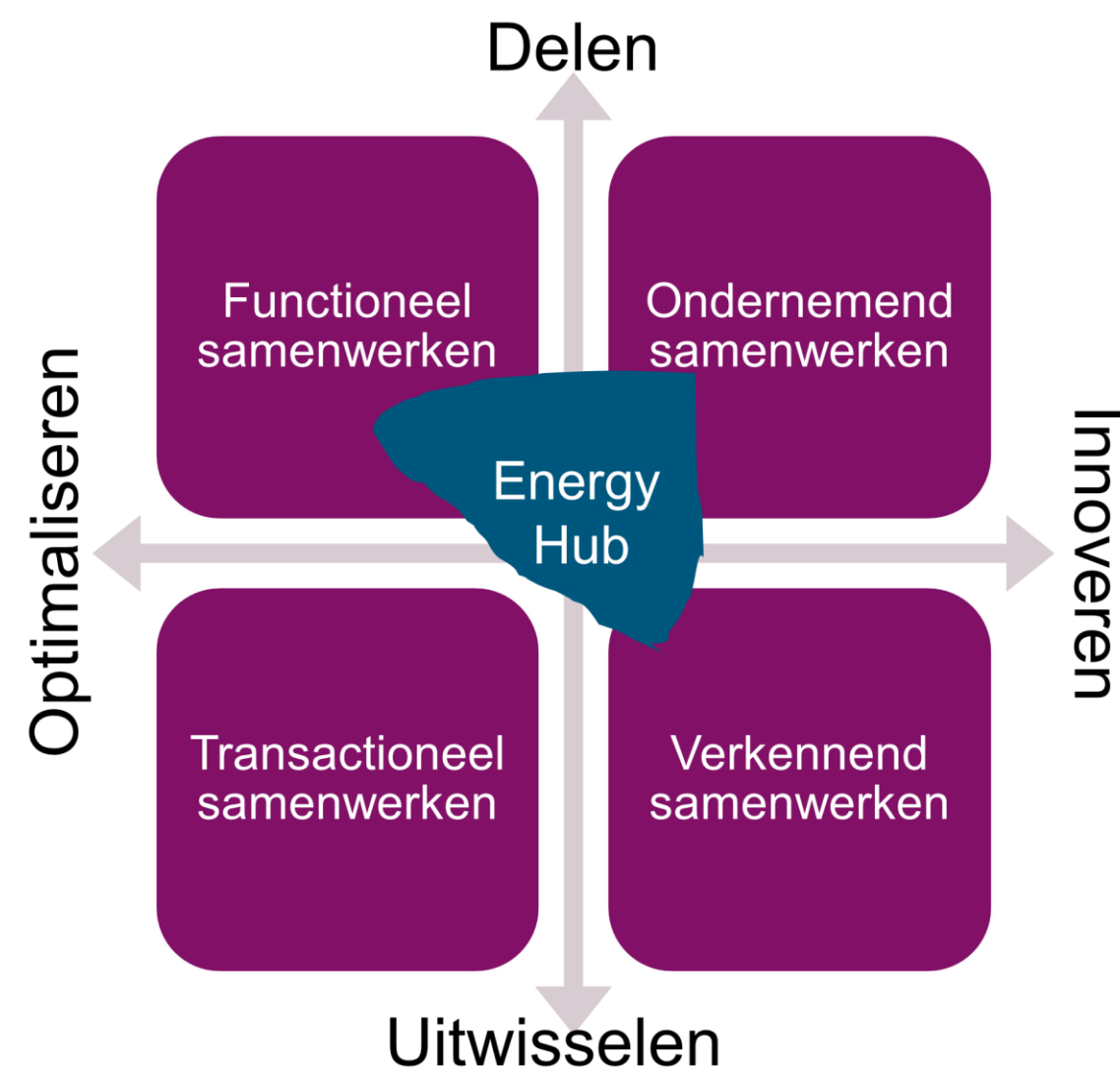


3. Onderzoeksaanpak - Organisatie-governance-juridisch

Driehoek Organisatie-Governance-Juridisch

Grondvormen van samenwerking*

Op grond van de uitersten in de organisatie van een Energy Hub komen we tot vier grondvormen van de samenwerking. We hanteren twee assen: **Optimaliseren-Innoveren** en **Uitwisselen-Delen**. In de toelichting per grondvorm komen de vragen uit de strategische fit terug. Per familie zullen we die in hoofdstuk 4 uitwerken. Van belang is dat de keuze van een grondvorm door de in een hub samenwerkende partijen een **bewuste keuze** is, die gebaseerd moet zijn op de opgave die de hub voor zich gesteld heeft. Ook is de relatie met de omgeving van belang.



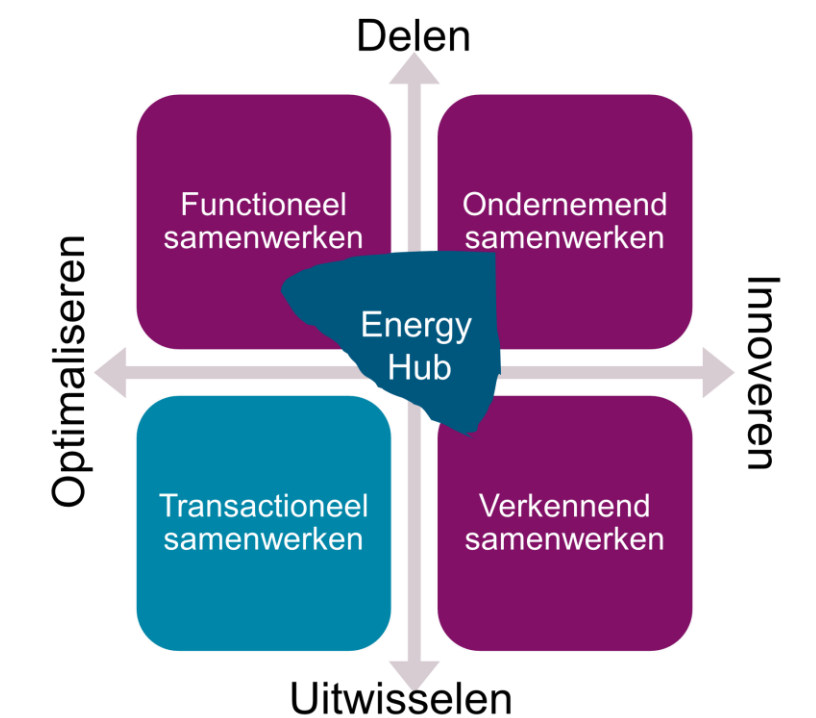
Figuur 1: Grondvormen voor samenwerking*

Transactioneel samenwerken

Transacties vormen de kern. De intentie is om energiestromen te verbeteren/optimaliseren. De samenwerking is gericht op het effectief en efficiënt uitwisselen van energie en daarbij passende assets, diensten en informatie. Partijen wisselen bijvoorbeeld energie forecastingsinformatie uit en stemmen productie- en energieopslaggegevens af.

Belangrijkste organisatieprincipes:

- Afspraken maken over resultaatbeschrijving
- Borgen van koppelbaarheid van informatie en systemen
- Sturen op transactiekosten en ketenefficiency
- Hanteren van een resultaatgerichte managementstijl

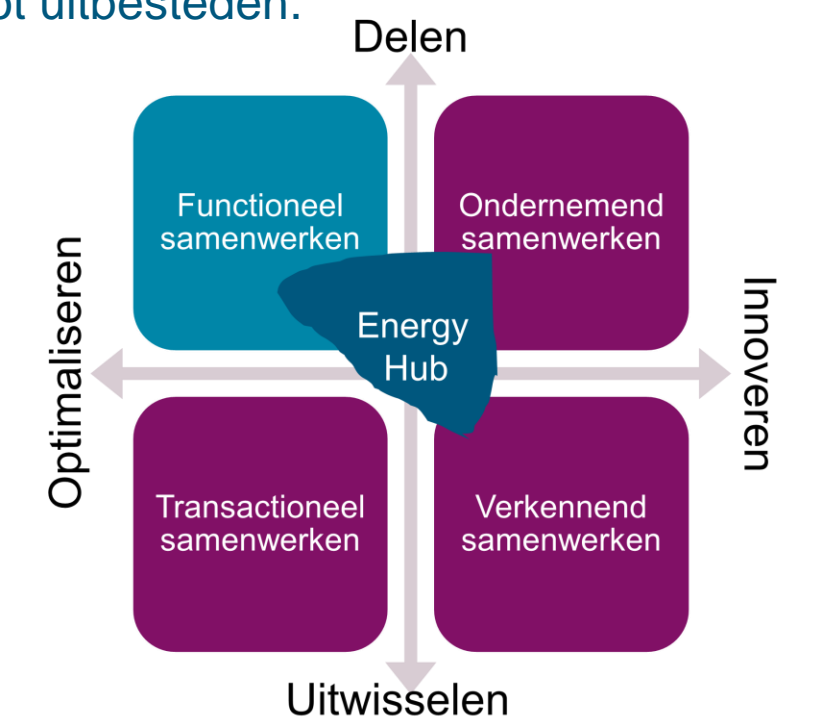


Functioneel samenwerken

Er is een duidelijke opdrachtgever en opdrachtnemer herkenbaar, de ene partij neemt het energiemanagement van de andere partij voor zijn rekening. De partijen committeren zich in hoge mate aan elkaar en maken specifieke afspraken over de wijze waarop zij de energiestromen op elkaar afstemmen. Delen van de bedrijfsvoering worden gedeeld. De onderlinge afhankelijkheid is groot. Kan uiteindelijk leiden tot uitbesteden.

Belangrijkste organisatieprincipes:

- Afspraken maken over dienstenniveaus
- Borgen van opdrachtgever en –nemerschap
- Sturen op procesintegratie en servicekwaliteit
- Hanteren van een servicegerichte managementstijl
- Aan beide kanten



* Mede gebaseerd op Edwin Kaats-Wilferd Opheij (2012), 'Leren samenwerken tussen organisaties'

3. Onderzoeksaanpak - Organisatie, governance en juridisch

Driehoek Organisatie-Governance-Juridisch

Verkennend samenwerken

Partijen die netcongestie en op de langere termijn klimaatneutraliteit (CO₂=0) als een opgave zien zoeken elkaar op en werken samen om hun kennisniveau te vernieuwen. Door ervaringen en kennis uit te wisselen leren organisaties van elkaar en creëren ze de voorwaarden voor het realiseren van de opgave. Partijen zijn niet exclusief aan elkaar verbonden en zijn in hun samenwerking gelijkwaardig (ongeacht de grootte van de partij!).

De belangrijkste organisatieprincipes zijn:

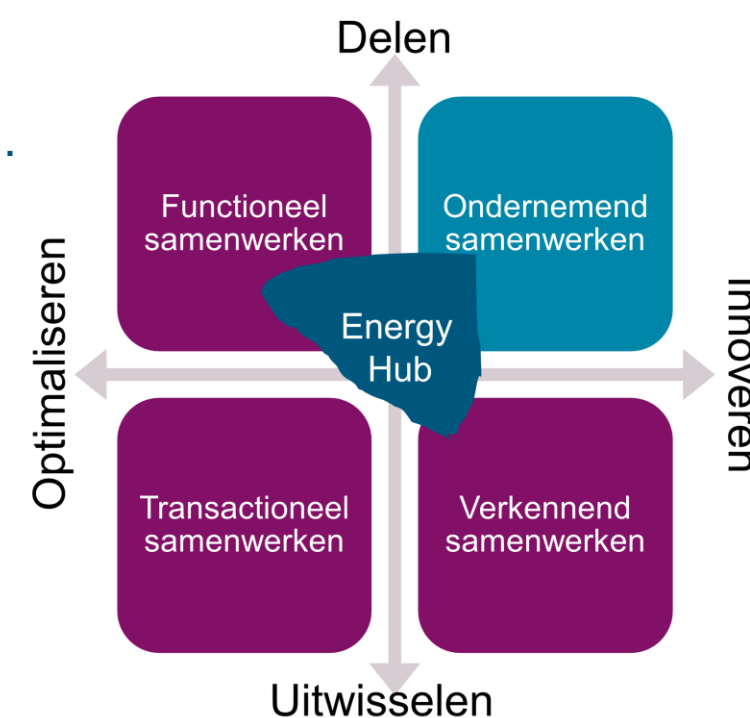
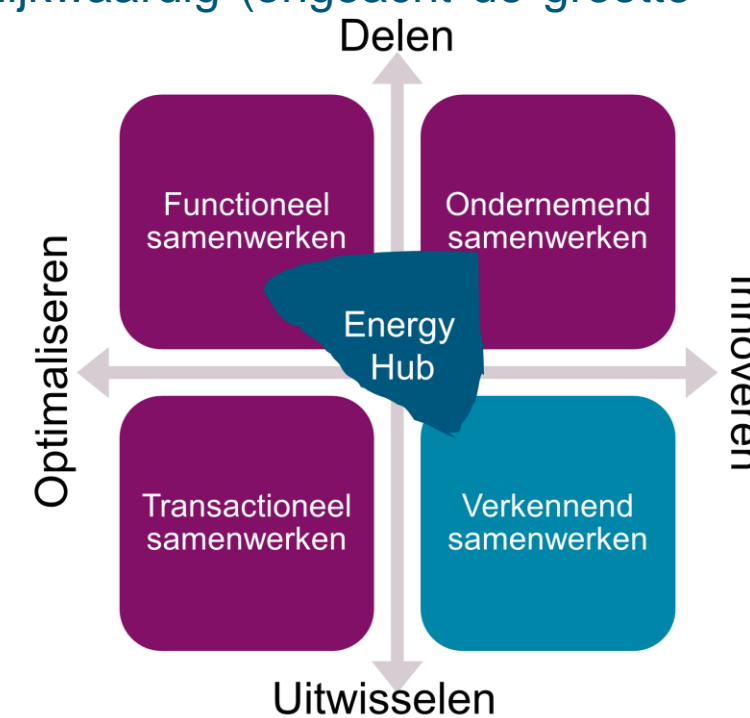
- Afspraken maken over spelregels, zoals bedrijfsvertrouwelijkheid en wederkerigheid van energie-data uitwisseling.
- Borgen van professionele toegevoegde waarde. Dus, lever je geen bijdrage, dan niet mee doen.
- Sturen op toegankelijkheid en optimale interactie.

Ondernemend samenwerken

Partijen erkennen dat zij de vereiste strategische vernieuwing die past bij de opgave niet op eigen kracht kunnen bewerkstelligen, maar daar (een) andere partij(en) voor nodig hebben. De samenwerking leidt tot een intensieve samenwerking, waarin de partijen assets, data, (technologische) kennis en relatienetwerk in belangrijke mate met elkaar delen. De partijen eisen van elkaar volledig commitment, juist ook voor de langere termijn. Partijen zijn in hoge mate gelijkwaardig. De samenwerking is nadrukkelijk ook gericht op ontdekking en ontwikkeling. Dat kan betekenen dat de opgave verbreed wordt naar een bredere verduurzamingsagenda dan sec klimaatneutraliteit (bijv. ook circulariteit).

De belangrijkste organisatieprincipes zijn:

- Afspraken maken over procedures met grote impact.
- Borgen van exclusiviteit op basis van gemeenschappelijke visie.
- Sturen op doelen en synergie.
- Gebruiken van een doelgerichte ruimte scheppende managementstijl (balans tussen onderzoeken en exploiteren).



Governance. Hoe te sturen? Vier vragen

Private sturing

1. In hoeverre moet er consensus zijn over het doel van de samenwerking binnen een hub? En met de omgeving?
2. Bij welke partij zou het eigenaarschap moeten liggen?
3. Hoe selecteer je wie je moet betrekken?

Publieke sturing

4. Welk publiek sturingsarrangement moet centraal staan?

Hoe juridisch te borgen? Vijf vragen

1. Welke gemeenschappelijk doel dient juridisch geborgd te worden?
2. Wie zijn de betrokken partijen bij het gemeenschappelijk doel en hoe zijn de onderlinge verhoudingen?
3. Welke juridische vorm/entiteit past het beste bij het gemeenschappelijk doel van de hub binnen de 5 type families (Familie A t/m E)?
4. Welke kernafspraken zijn nodig tussen betrokken partijen om tot realisatie van de hub te komen? → **Ontwikkeling op korte termijn**
5. Welke kernafspraken zijn nodig tussen betrokken partijen om tot exploitatie van de hub te komen? → **Exploitatie op lange termijn**

3. Onderzoeksaanpak - Multiplier-analyse

De multiplier-analyse

Wat is een multiplier-analyse?

De multiplier-analyse geeft een indicatief inzicht in energieverbruik, netcapaciteit, locatie, oppervlakte en andere bruikbare eigenschappen van (net)gebieden, bedrijventerreinen, wijken, buurten en bedrijven. Verschillende, publieke databases zijn hiervoor gebruikt. In de analyse worden eigenschappen beoordeeld en gefilterd om zo een selectie te maken van gebieden die in potentie aantrekkelijk zijn voor het ontwikkelen van een Energy Hub. In de [bijlage](#) worden de databases genoemd die zijn gebruikt.

Resolutie analyse

De resolutie van de analyse verschilt per familie: Voor bedrijventerreinen is de resolutie een bedrijventerrein, voor de gebouwde omgeving is de resolutie een buurt, voor Cluster 6 is de resolutie een bedrijf en bij mobiliteit is een buurt bepalend.

Doelstelling van de multiplier-analyse

Het doel van de multiplier-analyse is tweeledig:

1. Ten eerste leidt de analyse tot een eerste kwantitatieve indruk. **Het geeft een waarde aan de mogelijkheden van Energy Hubs**, zonder al te ver in te zoomen op eigenschappen die casus specifiek zijn.
2. Ten tweede geeft de analyse een indruk van de **locaties in Nederland die kansrijk zijn de ontwikkeling van een Energy Hub**.

Een nationaal overzicht ontstaat dat aan de hand van locatie specifieke eigenschappen de meerwaarde van een Energy Hub in kaart brengt. Deze meerwaarde wordt vertaald in de volgende parameters:

- Vermeden CO₂ emissies (ton/jaar)
- Verlichten van de piekbelasting op het elektriciteitsnet (uitgedrukt in MW)
- Extra ruimte voor de realisatie van duurzame opwek. (MWe)

Nauwkeurigheid van de analyse

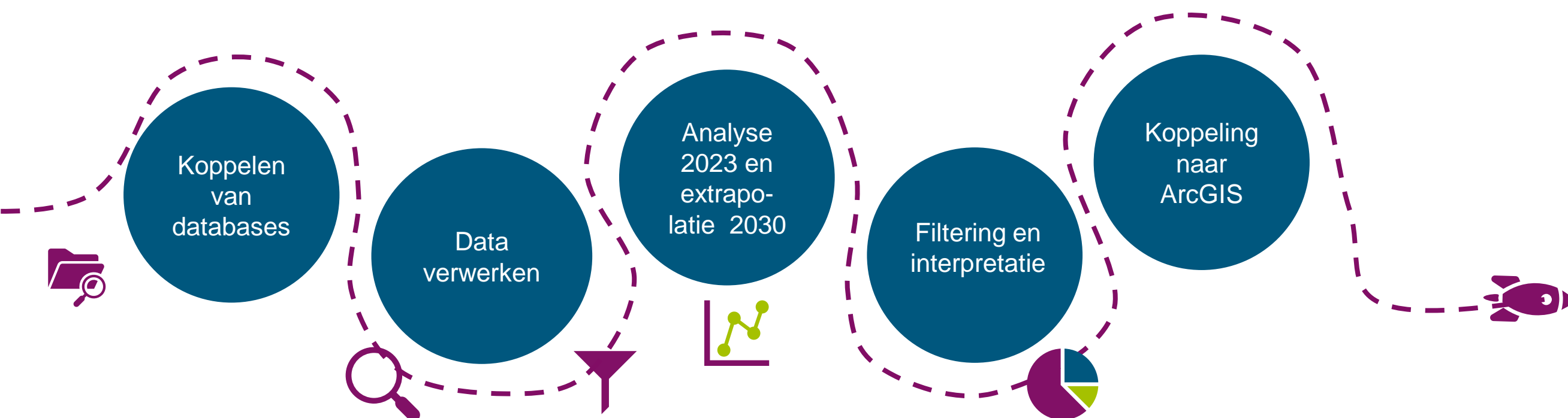
De analyse maakt gebruik van kengetallen van besparing over gebieden. Hierdoor vallen sommige eigenschappen die specifiek zijn voor een bedrijf, woning of zelfs gebied weg.

De data die worden gebruikt komen soms uit verschillende jaren of zijn soms gedateerd. Dit kan leiden tot inconsistenties in de data. Voornamelijk bij zonne-opwek bij woningen is de data gedateerd (2021), in de jaren daarop is er significant meer PV opwek gerealiseerd. Dit is opgelost door een stijging per gemeente, tussen 2023 en 2021, per buurt te verdisconteren.

De analyse kan niet gebruikt worden om gebied specifieke voorspellingen mee te doen over toekomstig energie gebruik, daarvoor zal er eerst per gebied, of per casus, apart een analyse gedaan moeten worden. De algemene kengetallen die gebruikt zijn in de analyse zijn niet accuraat genoeg voor voorspellingen van het energie systeem op uitvoeringsniveau.

De analyse voor het berekenen van de piek reductie kan niet worden gezien als direct vermeden net-investeringen. Het aansluitvermogen in MVA is een significant andere waarden dan het verschil in piekvermogen dat we in deze studie berekenen.

De analyse geeft wel een indicatie van de mogelijkheden van Energy Hubs in Nederland. De analyse is vooral illustratief en richtinggevend bedoeld. Om bijvoorbeeld te signaleren waar er potentie is en om een idee te geven over omvangrijk deze potentie dan is.



Figuur 2: Invulling multiplier-analyse

3. Onderzoeksaanpak - Multiplier-analyse

Berekeningen energievraag 2030

Berekening energievraag 2030 volgend uit data 2023

Berekening CO₂-uitstoot reductie

De CO₂ emissiereductie ten opzichte van Business as Usual (BaU) is het gevolg van verminderde inzet van aardgas voor verwarmen en toename van de inzet duurzame elektriciteit waardoor de centrale productie van elektriciteit met aardgas en kolen versneld kan afnemen. Daarbij worden de volgende emissiefactoren toegepast:

- **Huidig:** Gas = 56,4 kg CO₂ /GJ; Elektriciteit = 0,3 kg CO₂ /kWh (integrale methode 2021)
- **BaU:** Gas = 56,4 kg CO₂ /GJ; Elektriciteit = 0,19 kg CO₂ /kWh (integrale methode 2025)
- **Na elektrificatie:** Gas = 56,4 kg CO₂ /GJ; Elektriciteit = 0,19 kg CO₂ /kWh; Duurzame opwek leidend tot vermeden inzet fossiele brandstof: 0,29 kg CO₂/kWh (referentieparkmethode 2030).

Berekening energievraag bedrijventerreinen

Netcongestie belemmert de elektrificatie en decarbonisatie van bedrijventerreinen. Deze studie voorspelt CO₂-reductie bij voldoende netcapaciteit door een Energy Hub.

Aannames:

- Gebieden met netcongestie (+3 jaar) kunnen niet verder elektrificeren.
- Besparingen volgen uit het BaU-scenario zonder extra elektriciteit (bijv. isolatie, ledverlichting, automatisering).
- Een Energy Hub maakt uitgebreide elektrificatie mogelijk, vermindert aardgasverbruik en CO₂-uitstoot.

De onderstaande tabellen tonen elektriciteits- en aardgasbesparingen voor BaU en resterend aardgasgebruik na elektrificatie op basis van hoogst aanwezig milieu categorie van een bedrijventerrein.

Het elektriciteit verbruik na elektrificatie wordt ten opzichte van BaU afgeleid uit het verschil in aardgas gebruik voor (BaU) en na elektrificatie. Hiervoor wordt een COP waarde van gemiddeld 1,8 gebruikt.

Tabel 2: Energievraag bedrijventerreinen

Energie verbruik BaU % ten opzichte van huidig	MC 1t/m3	MC 4 t/m 6	MC onbekend	Totaal
Aardgas totaal	-24%	-15%	-14%	-17%
Elektriciteit totaal	-22%	-22%	-23%	-22%

Aardgas verbruik na elektrificatie ten opzichte van BaU	MC 1t/m3	MC 4 t/m 6	MC onbekend	Totaal
Aardgas totaal	11%	21%	28%	20%

COP factor besparing aardgas ten opzichte van BaU	MC 1t/m3	MC 4 t/m 6	MC onbekend	Totaal
COP factor	1,9	1,8	1,8	1,8

Tabellen: Kengetallen elektrificatie op basis van *Potentie verduurzaming bedrijventerreinen, TNO (2024)*
 MC = Maximale Milieu Categorie van een bedrijf op een bedrijventerrein

Berekening energievraag cluster 6

Deze studie gebruikt de MIDDEN-database voor cluster 6, ondanks beperkingen zoals verouderde gegevens en ontbrekende bedrijven. De database biedt verbruikswaarden per productie-eenheid, waarmee het elektriciteits- en aardgasverbruik van bedrijven is geschat. Het onderscheidt “directe” (E-boilers, elektrische ovens, warmtepompen) en “indirecte” elektrificatie (biogas, waterstof, CCS). De analyse gaat uit van **volledige directe** elektrificatie voor alle cluster 6 bedrijven, vaak door aardgasgestookte stoomproductie te vervangen door E-boilers.

Voor de keramische industrie, waarvoor geen directe elektrificatie-optie is genoteerd in MIDDEN, zijn Energy Hubs nog steeds relevant, vooral bij een mix van technieken, waaronder gedeeltelijke directe elektrificatie. Dezelfde kengetallen als voor de glasindustrie zijn aangehouden, uitgaande van vergelijkbare energetische waarden.

Berekening energievraag gebouwde omgeving

We gebruiken huidige elektriciteits- en aardgasverbruik (2023), aantal bedrijven, woningen, leegstand en warmtenetaansluitingen per buurt om een all-electric situatie te voorspellen. Buurten met een warmtenetaansluiting hebben een laag specifiek elektriciteitsverbruik (COP 6), zonder aansluiting is dit hoger (COP 3). Toekomstig elektriciteitsverbruik wordt berekend door huidig elektriciteitsverbruik met 22% BaU-besparing, aardgasverbruik met 24% BaU-besparing gedeeld door COP-waarde, en laadvraag van BEV's in 2030 op te tellen. Het toekomstig elektriciteitsverbruik wordt berekend door de volgende waarde bij elkaar op te tellen:

- Huidig elektriciteit verbruik met 22% BaU besparing
- Aardgasverbruik met 24% BaU besparing / COP waarde
- Laadvraag van BEV's in 2030.

Berekeningen energievraag mobiliteitshubs

Voor de mobiliteit zijn de prognoses van Elaad aangehouden voor het jaar 2030. De elektriciteitsvraag per jaar is alleen berekend voor de personenauto's, E-trucks en E-bestelbussen. De volgende kentallen zijn hiervoor gebruikt:

Tabel 3: Energievraag mobiliteitshubs

Laadlocatie	Gemiddelde e-vraag (kWh) per laadpunt per jaar.
Thuisladen	1.779
Publiekladen	9.189
Werkladen	2.837
Snel laden	57.362

3. Onderzoeksaanpak - Multiplier-analyse

Berekeningen vermeden CO₂ en verlichten van de piekbelasting

Berekening energiepiek

Een belangrijke aanname betreft de berekening van pieken in het elektriciteitsverbruik. Omdat er onvoldoende openbare data beschikbaar zijn om de huidige pieken in elektriciteitsverbruik nauwkeurig te definiëren, is er gekozen voor een methode waarbij de piek wordt bepaald op basis van het jaarverbruik van een bedrijf, bedrijventerrein of buurt.

Gebouwde omgeving

We beperken ons in de gebouwde omgeving tot woningen om dubbel telling met de bedrijventerreinen familie te voorkomen. Belangrijke kenmerken zoals bouwjaar (voor/na 2000), woningtype (eensgezins-/meergezinswoningen), en aansluiting op het warmtenet worden gebruikt om de verhouding tussen jaar- en piekverbruik te bepalen. Bijvoorbeeld in Hoogeland West zijn 797 woningen (5% leegstand), 92% eengezinswoningen, 97% gebouwd na 2000 en er is geen aansluiting op het warmtenet. Op basis van deze kenmerken zijn 12 archetype woningen gedefinieerd en gekoppeld aan de buurt. De archetypes zijn gedefinieerd op basis van de last profielen van [SynPro](#). (D. Fischer, 2015) (D. Fischer, 2014)

De vertaling van piekvraag per woning naar piekvraag per buurt is gedaan op basis van een gelijktijdigheid factor, afhankelijk van het aantal woningen in de buurt, zie [tabel 5](#)

Tabel 4

Huishouden	Bouwjaar	Thermische Technologie	MWh	kW	kW/MWh
SFH	< 2000	Geen	7,3	6,6	0,89
“”	“”	Lucht warmtepomp	28,5	16,6	0,59
“”	“”	Water warmtepomp	21,2	11,4	0,54
“”	> 2000	Geen	7,3	6,6	0,89
“”	“”	Lucht warmtepomp	14,8	10,6	0,71
“”	“”	Water warmtepomp	12,5	8,4	0,67
MFH	< 2000	Geen	4,9	4,9	1,01
“”	“”	Lucht warmtepomp	16,3	9,7	0,60
“”	“”	Water warmtepomp	12,5	7,5	0,60
“”	> 2000	Geen	4,9	4,9	1,01
“”	“”	Lucht warmtepomp	7,9	5,9	0,74
“”	“”	Water warmtepomp	7,0	6,5	0,93

Voor en na elektrificatie

De vraagpieken van de buurten na elektrificatie kunnen sterk verschillen met de pieken nu. Immers de warmtevraag wordt geëlektrificeerd en kan een groot effect hebben op de piekvraag.

Om de pieken te berekenen na elektrificatie zijn de volgende aannames gedaan:

- Buurten waar een warmtenet aansluiting is, maken gebruik van een water-warmtepomp
- Buurten waar een warmtenet aansluiting is, worden 100% aangesloten op een warmtenet
- Buurt waar geen warmtenet aansluiting is, maken gebruik van een lucht-water warmtepomp.

Door deze veranderingen door te voeren verandert de ratio tussen jaarverbruik en piekverbruik per buurt.

Bedrijventerreinen

Vanwege beperkte relevante kenmerken van bedrijventerreinen is het lastig gebleken om de bedrijventerreinen te categoriseren. Dit is opgelost door genormaliseerde jaarprofielen te maken van een virtueel bedrijvenpark op basis standaard vraag profielen van industriële clusters uit de literatuur. (ELMAS, 2023), (A. Sandhaas, 2022).

Het verder specificeren van de piekvraag voor bedrijventerreinen voor en na elektrificatie zou in een vervolgonderzoek verder kunnen worden uitgewerkt.

In deze studie zijn de volgende kenmerken vastgesteld om een piekvraag te kwantificeren:

1. Jaarlijks elektriciteitsverbruik: voor en na elektrificatie;
2. Hoogste aanwezige milieucategorie op een bedrijventerrein.

Op basis van standaard laadprofielen van verschillende bedrijven clusters zijn er twee archetype bedrijventerreinen gecreëerd ten behoeven van onze inschatting:

- **Archetype lage milieucategorie:** Bestaat uit dertig genormaliseerde profielen van de volgende bedrijvigheden: Kantoor, productieprocessen, handel (niet-voedsel), handel (voedsel), watervoorziening en telecommunicatie, restaurants, voedselindustrie, energievoorziening en verhuuractiviteiten, bakkerij, vastgoedbeheerbedrijven en bouw.

De verhouding tussen het jaarverbruik en het piekverbruik is **0,16 MW/GWh**.

- **Archetype hoge milieucategorie:** Bestaat uit dertig genormaliseerde profielen van de volgende clusters: Industriële 2-ploegendienst metaalbewerking, industriële 1-ploegendienst metaalbewerking, industriële diensten, industriële farmaceutica, industriële kunststofproductie, industriële voedselverwerking en algemene industriële productie.

De verhouding tussen het jaarverbruik en het piekverbruik is **0,23 MW/GWh**.

Bij grootverbruikers wordt geen rekening gehouden met een gelijktijdigheid factor.

3. Onderzoeksaanpak - Multiplier-analyse

Berekeningen vermeden CO₂ en verlichten van de piekbelasting

Berekening energiepiek

Cluster 6

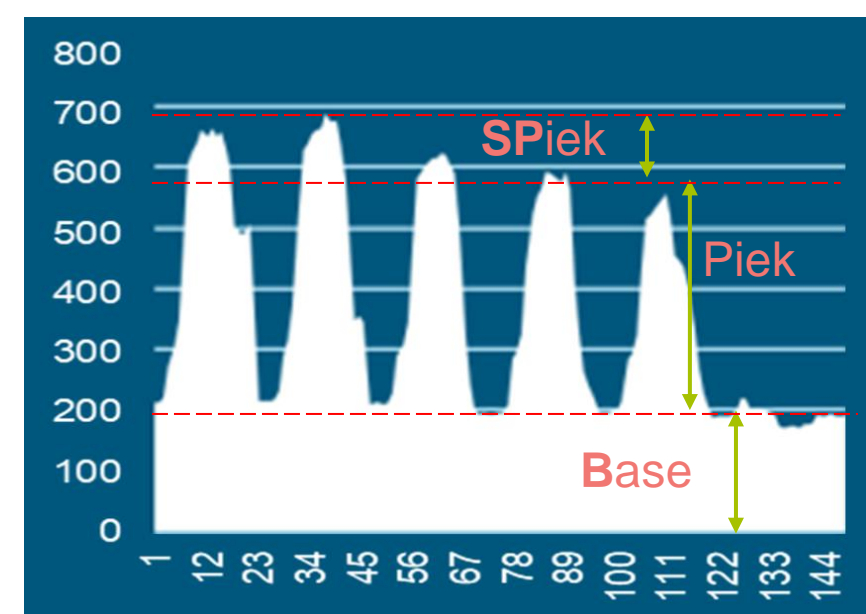
We hebben voor Cluster 6 bedrijven uit genormaliseerde profielen een gemodelleerd profiel kunnen genereren die op basis van de onderstaande parameters meer baseload of piek load karakterisering kan nabootsen. De parameters worden per Cluster 6 bedrijf bepaald op basis van het type bedrijvigheid (NACE) aangegeven in de MIDDEN database.

- Werkdagen per week;
- Ratio tussen baseload en piekload (A);
- Spreidingsfactor vraagpieken door het jaar heen (B).

Een voorbeeld profiel is weergegeven in de figuren 3 en 4. De resultaten zijn vergeleken met ervaringsgetallen uit RHDHV-praktijkprojecten en waar mogelijk met vraagprofielen vanuit de archetypes van de zware industrie. Met de vergelijking zijn de bovenstaande parameters waar mogelijk aangepast.

Voor directe elektrificatie van Cluster 6 bedrijven zijn grote verschillen verwacht in de pieken voor en na elektrificatie. De effecten van decarbonisatie van Cluster 6 bedrijven op het standaard vraagprofiel en de bijbehorende vraag piek is een interessant punt om in een vervolg studie verder te onderzoeken.

Hoge piekload variant

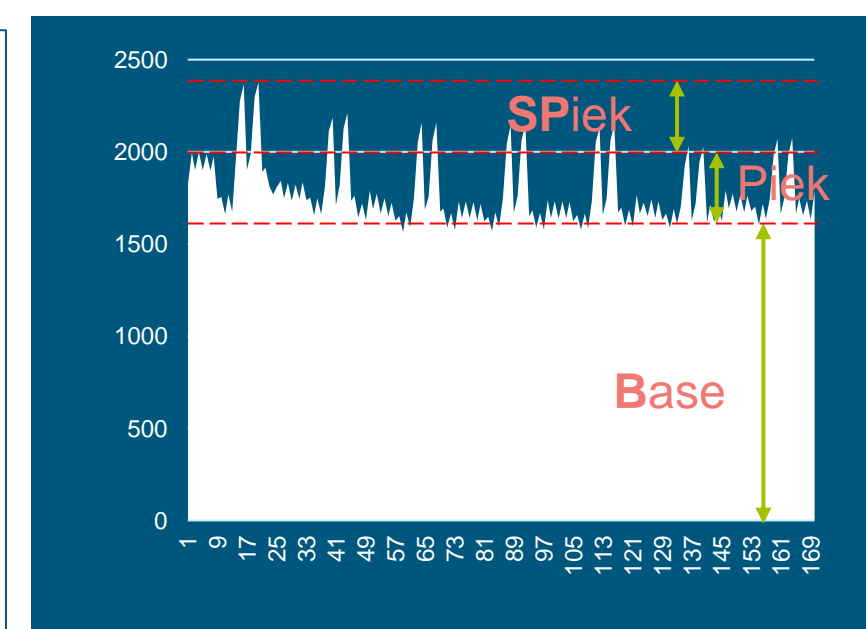


$$A = \frac{Piek}{Base}$$

$$B = \frac{SPiek}{Base + Piek}$$

Figuur 3: Hoge piekload standard load diagram voor één week.

Hoge baseload variant



Figuur 4: Hoge piekload variant standard load diagram voor één week.

Mobiliteit

De mobiliteit pieken zijn gebaseerd op Elaad prognoses van BEV's, e-bestelbussen, e-trucks, en bus-depots. De mobiliteit hubs betreffen alleen laadpunten die collectief georganiseerd zijn en zijn exclusief de werk- en thuis laadvraag. Per laadpunt is rekening gehouden met een 11 kW vermogensvraag.

Reductie van piekbelasting

Berekening vermeden netcongestie risico

Bij verregaande elektrificatie is extra netcapaciteit nodig. Energy Hubs kunnen netcongestie verminderen en de noodzaak voor netverzwaring beperken. Het verschil tussen de piekbelasting voor en na elektrificatie bepaalt het piekvermogen dat een Energy Hub moet kunnen opvangen.

Aannames voor de berekening van de reductie van piekbelasting:

- Werkelijke piekbelasting is onbekend; gebaseerd op jaarlijks elektriciteitsverbruik;
- Geen rekening gehouden met bestaande aansluitingsruimte;
- Energy Hub vangt volledig het verschil in elektriciteitsvraagpieken op.

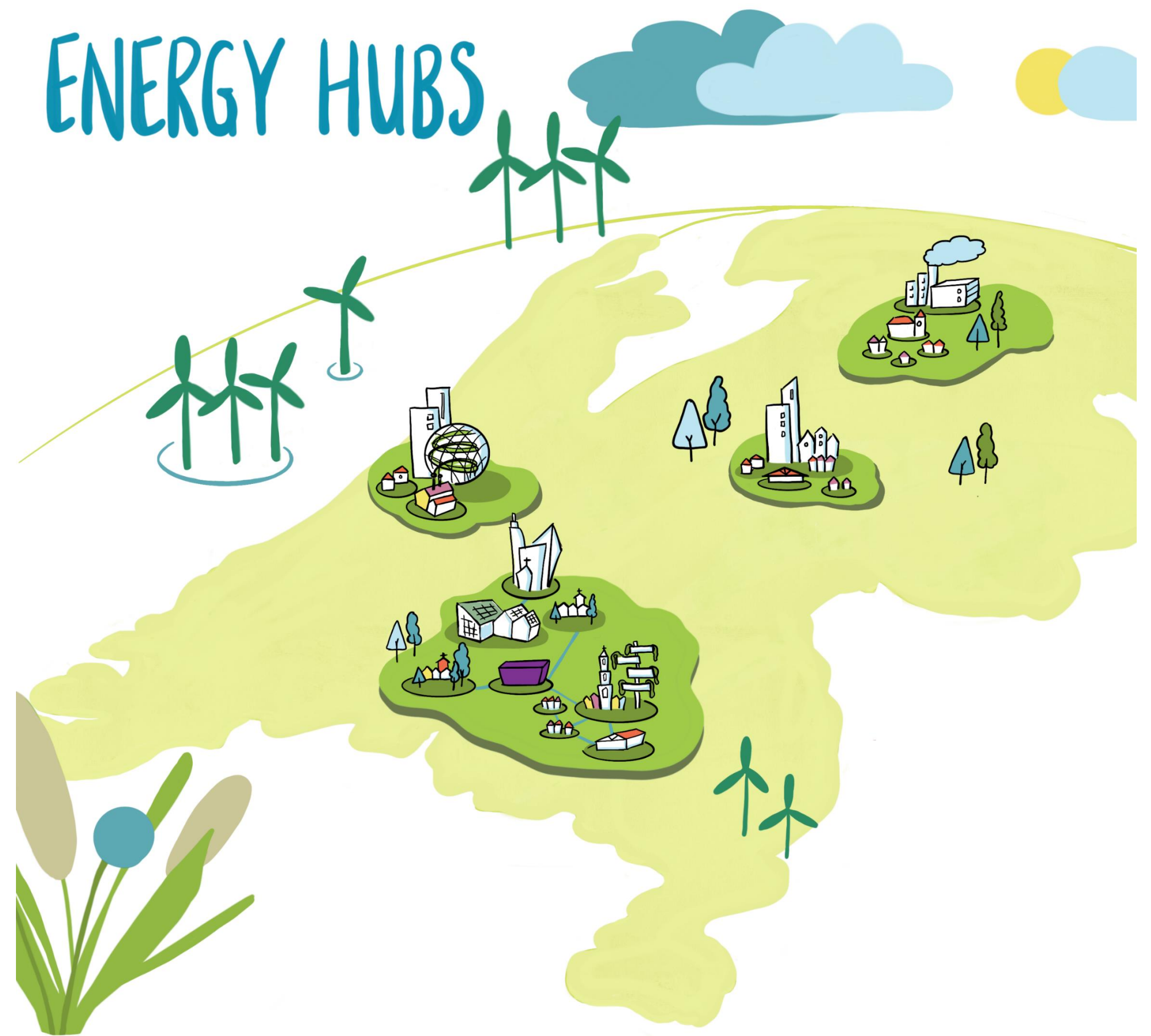
Gelijktijdigheid factoren en impact factoren

Het rapport gebruikt diverse factoren om een theoretisch maximum te vertalen naar een realistisch resultaat. De impactfactor, gebaseerd op het aardgasgebruik voor conversie uit de TNO-studie (2024), schat het deel van de netverlichting en CO₂-reductie waar een Energy Hub invloed op kan hebben. De gelijktijdigheidsfactor voor netafname houdt rekening met niet-simultaan energiegebruik door verbruikersgroepen. Deze is 100% voor bedrijven, en aangepast voor de gebouwde omgeving en thuislaadpalen op basis van aantal aansluitingen en gegevens uit "Netten voor Distributie van Elektriciteit, Phase to Phase". De extra elektriciteitsvraag van de warmtepomp is vastgesteld op 90%.

Familie	Impact factor	Gelijktijdigheid factor
Woningen: Elektriciteit vraag	92%	59% (# = 10), 49% (# = 50), 46% (# = 100)
Woningen: Thuislaadvraag	92%	59% (# = 10), 49% (# = 50), 46% (# = 100)
Woningen: Warmtepompen	92%	90%
Bedrijventerreinen	82% - 92%	100%
Cluster 6 bedrijven	82%	100%
Mobiliteit hubs	60%	100%

Tabel 5

4. Families



4. Families

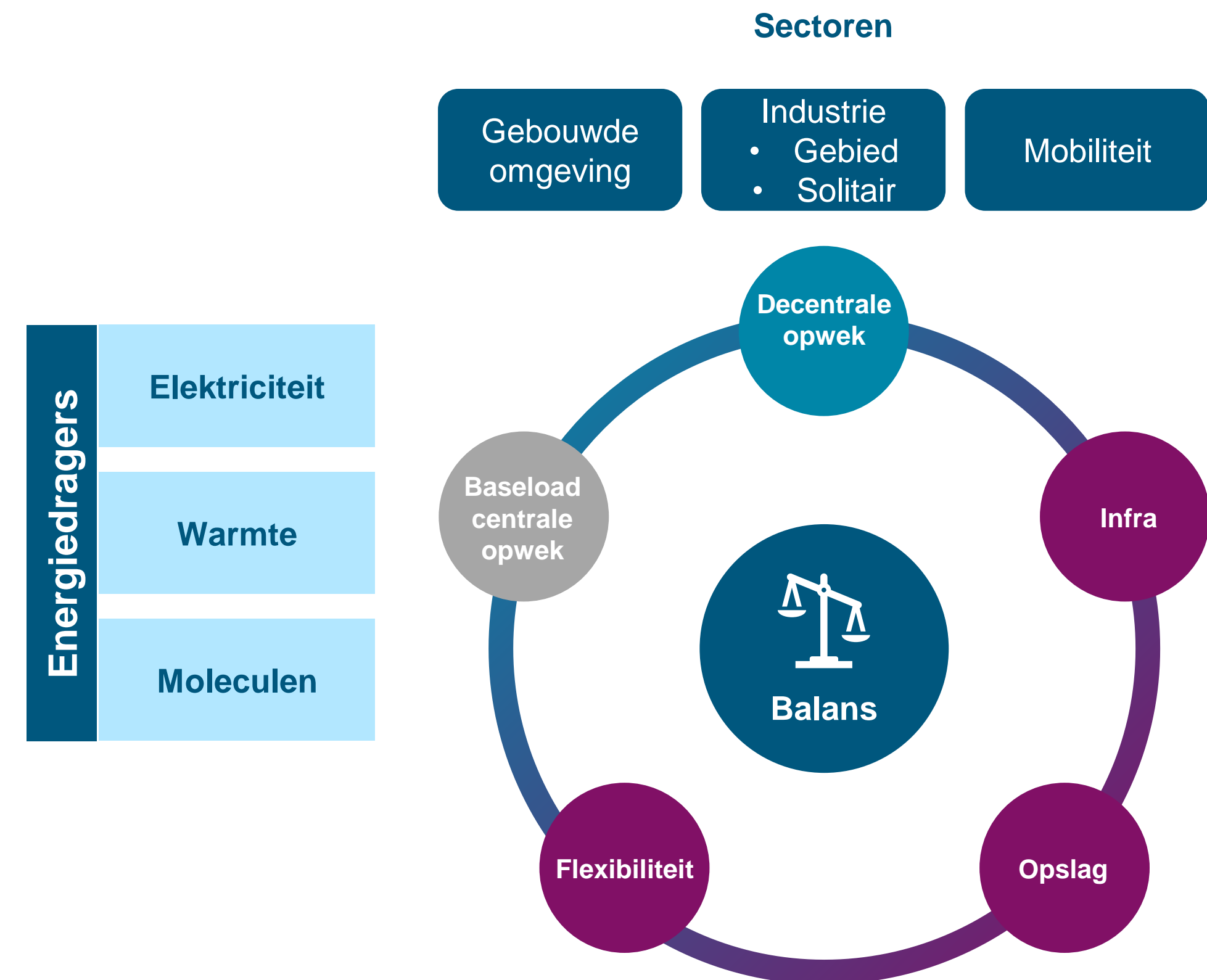
Introductie van de vier Energy Hub families

In dit hoofdstuk worden de bouwstenen die ontwikkeld zijn in hoofdstuk 4 door vertaald naar de vier families van Energy Hubs.

Bij het vertalen van hubs naar families is onderscheid gemaakt in de **korte termijn (nu tot 2030)** en de **middellange termijn (2030 tot 2040)** en **lange termijn**. Voor de korte termijn is het uitgangspunt dat Energy Hubs vooral gaan bijdragen aan het beter benutten van de beschikbare netcapaciteit. Of anders gezegd, het verminderen van de netcongestie. Voor de middellange en lange termijn is het uitgangspunt dat Energy Hubs een bijdrage leveren aan klimaatneutraliteit (netzero).

Zowel op korte als middellange termijn is een belangrijke conditie **dat Energy Hubs een bijdrage leveren aan het balanceren van het energiesysteem op regionaal en lokaal niveau**. Hierbij is ook de afstemming met het nationale energiesysteem relevant. Binnen het bestek van deze studie ligt de focus op het regionale energiesysteem. Het uitgangspunt hierbij is dat de verantwoordelijkheid voor de balans in het energiesysteem zo laag als mogelijk wordt belegd (decentraal waar het kan, centraal waar het moet). Dit binnen de publieke kaders zoals vastgesteld in het Nationaal Plan Energiesysteem*.

In de figuur hiernaast is het regionale energiesysteem aangegeven, waarin de Energy Hub geïntegreerd wordt. De Energy Hub speelt een belangrijke rol in het komen tot balans tussen vraag en aanbod. Zowel de energiedragers elektriciteit, warmte als groen gas en waterstof (moleculen) zijn van belang. Vanuit de aanbodzijde wordt zowel gekeken naar de sectoren gebouwde omgeving, industrie als mobiliteit.



Figuur 5: Regionale energiesysteem








Gebouwde omgeving

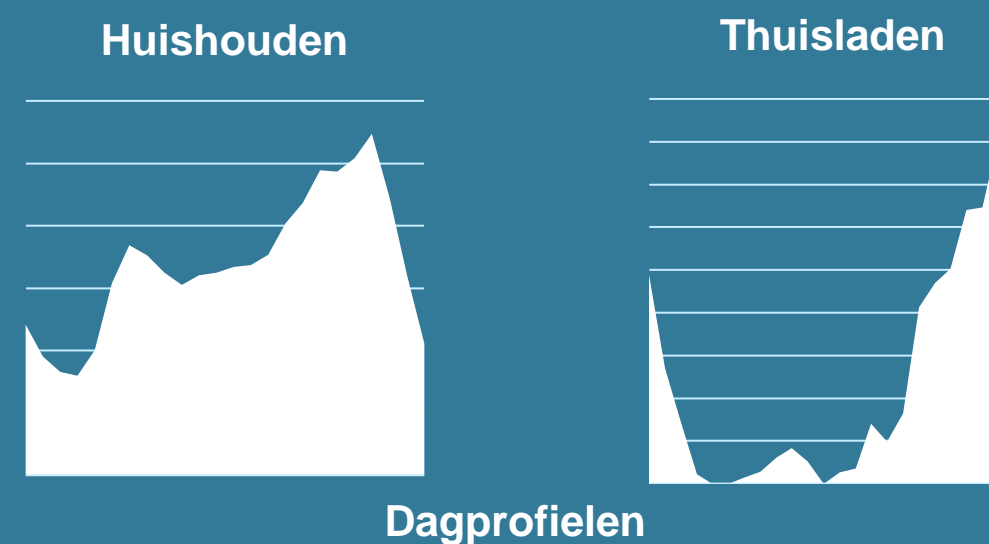
4. Families - Gebouwde omgeving - Energiesysteem

Energiesysteem

Basis beschrijving

-  • Woonwijken met **meer dan 500 woningen** (bestaande en nieuwbouw)
-  • Elektraverbruik vindt plaats grotendeels in avond en nachturen.
-  • De productie van warmte is nu nog voornamelijk afhankelijk van aardgas
-  • De adoptie van elektrische mobiliteit is nog steeds beperkt
-  • Seizoenafhankelijk energievraagpatroon

Piekuren avond en nacht Daluren overdag



Definitie gebouwde omgeving Energy Hub archetype

Een Energy Hub in de gebouwde omgeving kan voornamelijk bestaan uit woonwijken en kleine MKB's, die zijn aangesloten op het laagspanningsnet (LS-net). In woonwijken en bij MKB's richt verduurzaming zich vooral op de warmtetransitie (door middel van warmtepompen), het elektrisch laden van auto's en de installatie van zonnepanelen op daken. De bijkomende warmtepompen en laadinfrastructuur kunnen zorgen voor grote vermogenspieken in de piekmomenten, en de grootste terugleveringspiek van zonne-opwek ontstaat juist doordat er geen afname is op momenten van hoge productie midden op de dag.

In de gebouwde omgeving zijn er twee verbruikspatronen dominant. Het eerste patroon betreft woningen, die een maximale piek van 2,6 kW per woning kennen. Woningen hebben hun piekverbruik in de avonduren, wat samenvalt met de laadvraag van elektrische auto's (ca. 3,7 – 11 kW) en warmtepompen (ongeveer 5 kW). De daluren zijn overdag en vallen samen met de piek in zonne-energieopwekking. Het tweede patroon betreft het MKB, waarbij de piekvraag per bedrijf

varieert tussen 5 en 55 kW met pieken die met name plaatsvinden overdag, wat gunstig samenvalt met de opwekking van zonne-opwek.

Hoewel netcongestie momenteel een beperkte rol speelt op het LS-net, is de huidige netinfrastructuur niet ontworpen voor de beoogde elektriciteitsvraag van de warmtetransitie, laadbehoefte en teruglevering van zon-PV. Hierbij speelt de gelijktijdigheid in elektriciteitsverbruik een grote rol, de gelijktijdig elektrisch verwarmen is een factor drie hoger dan de gebruikelijke gelijktijdigheid voor het LS-net. Verder zijn er uitdagingen bij het verzwaren van het LS-net vanwege het opgraven van wegen. Dit is te zien in de gestagneerde woningbouw, realisatie van warmtenetten en laadpalen. Verder zien wij aan de teruglevering kant dat juist de kleinverbruikers de dupe worden van lagere opbrengsten van zon-PV.

1) alleen geldig voor zonnepanelen op daken van woningen

4. Families - Gebouwde omgeving - Energiesysteem

Energiesysteem

Nu en tot 2030

In de periode tot 2030 is een significante groei in elektrificering in de gebouwde omgeving voorzien. Opwek van duurzame elektriciteit met zonnepanelen heeft in de afgelopen jaren een grote vlucht genomen, inmiddels is 30% van de woningen in Nederland voorzien van zonnepanelen. De verwachting is dat dit percentage nog verder zal gaan stijgen richting 2030. De opwek van duurzame elektriciteit zorgt voor grote pieken op lokale elektriciteitsnet in de gebouwde omgeving. Dit komt mede doordat de vraag naar elektriciteit overwegend laag is op de momenten dat zonnepanelen de hoogste opbrengst behalen. Voor een effectieve inzet van deze elektrische opwek is een verschuiving in de vraag of opslag van zon PV elektriciteit wenselijk. De voorgenomen uitfasering van de saldering draagt bij aan deze ontwikkeling.

Aan de vraag kant zijn drie elektriciteitsvragers verantwoordelijk voor de grote elektriciteitsvraag en piekvermogens. Elektrificering van verwarming door middel van warmtepompen, elektrificering van vervoer en de inzet van laadpalen aan huis en daarnaast de elektrificering van elektrische kookvoorzieningen resulteert in een (zeer) hoge gelijktijdige elektriciteitsvraag. Het slim sturen van deze gebruikers zorgt voor een effectievere inzet van opgewekte zonnestroom en daarnaast een mindere noodzaak voor het verzwaren van elektriciteitsnet.

Richting 2050

De energietransitie in de gebouwde omgeving zal zich vooral tussen 2030 en 2050 gaan afspelen. De uitfasering van aardgasinfrastructuur in de gebouwde omgeving zal een snelle infasering van elektrisch verwarmen en koken tot resultaat hebben. Daarnaast zullen met de EU verbod op verkoop van nieuwe benzine en dieselauto's in 2035 de aanbod van elektrische auto's verder gaan toenemen. Een efficiënte inzet van deze elektriciteitsvragers voorkomt te hoge netinvesteringen.

Energy Hub bouwstenen






Een Energy Hub helpt om de elektrificering van de gebouwde omgeving in goede banen te leiden. Een hub in de gebouwde omgeving heeft als voornaamste doel om overtollige duurzame energie die 's middags wordt opgewekt, naar de avonduren te verplaatsen. Dit draagt bij aan het verminderen van het piekverbruik. Dit kan worden gerealiseerd door zowel warmte- als elektrische opslag. Bovendien zijn er oplossingen voor vraagsturing, zoals slim laden, die de laadvraag op buurtniveau met 30% kan verlagen. Ook kan warmtenetten gevoed met nabijgelegen restwarmte of warmte opwek m.b.v. waterstof de elektrische vraag van warmtepompen verder beperken. Wat betreft collectieve oplossingen zijn er momenteel, afgezien van de financiële voordelen van een energiecoöperatie, beperkte mogelijkheden voor groeps- of alternatieve transportcontracten op het LS-net.

Trends - Duurzamere en aardgasvrije woningen




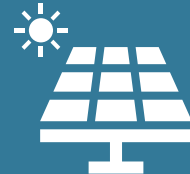

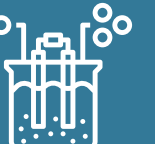
-  • Verdere elektrificatie door de **warmtetransitie (all-electric / decentrale warmtenetten)**
-  • Toename van semipublieke en private laadinfrastructuur voor **elektrische voertuigen**
-  • Toename **ZonPV op daken en in de wijk**

Grotere onbalans tussen opwek en verbruik

Knelpunten / Koppelkansen

-  Hoge aandeel laadpunten
-  Hoge aandeel zonPV op dak
-  All-electric warmtetransitie
-  Collectieve warmtetransitie
-  Nabij restwarmtebronnen
-  Nabij duurzame opwek

Energy Hub bouwstenen

- | | | |
|---|--|--|
| 
Seizoens-
warmte opslag | 
Warmtenetten
(met nabij
restwarmte) | 
Thuis/buurt
batterijen |
| 
Aansluiten
nabij PV
parken | 
Vraagsturing | 
Moleculen
conversie |

4. Families - Gebouwde omgeving - Organisatie en Governance

Organisatie – Governance: Nu-2030

Organisatie

1. Wat is het karakter van de samenwerking?



Het karakter van de samenwerking is transformatief. Het aangaan van lange termijn relatie is cruciaal, waarbij het winnen van vertrouwen van de bewoners (huiseigenaren en huurders) cruciaal is. Eigenaarschap onder betrokken partijen is belangrijk, alleen dan zullen zij het commitment aangaan.

2. Is het doel gezamenlijk optimaliseren of innoveren?



Innoveren staat centraal, zowel met oog op het verminderen van netcongestie als het aardgasvrij maken van woningen. Het gaat daarbij zowel om technologische (bijv. inzet seizoensopslag warmte) als organisatorische innovaties.

3. Staat het uitwisselen of delen van data, kennis en/of assets centraal?



Het delen van verbruiksgegevens van energie en beschikbare netcapaciteit en het duiden van de betekenis hiervan is van belang. Daarnaast het aangaan van lange termijn afspraken (bijv. vastgelegd in een Samenwerkingsovereenkomst) en het nakomen hiervan.

4. Wat zijn de sleutelrollen?



Bij woningen zullen de woningcorporaties als woningeigenaren in veel buurten een doorslag gevende rol spelen, waarbij het hun verantwoordelijkheid is om de huurders te committeren. De gemeente kan een bepalende rol spelen als initiator, procesregisseur en verbinder. Verder speelt de netbeheerders een belangrijke rol bij het programmeren van de netinvesteringen en het verstrekken van data over het energieverbruik. De energie- en bedrijven kunnen een belangrijke rol spelen als investeerder, bijvoorbeeld in buurtbatterijen.



5. Hoe is de fit tussen de strategische dimensies van de samenwerking?

Zie [slide 28](#).

6. Welke grondvorm van samenwerking?



Ondernemend samenwerken. Werken aan Energy Hubs in de gebouwde omgeving is een zaak van lange adem. Op korte termijn zullen ondernemende bewoners het initiatief nemen. Gezien de complexiteit zullen zij veelal hulp inschakelen van een gespecialiseerde dienstverlener. Dit zou ook kunnen via de lokale energiecoöperatie.

Governance

1. In hoeverre moet er consensus zijn over het doel van de samenwerking? En met de omgeving?



Er moet consensus zijn tussen gemeente, warmtebedrijven, woningcorporaties en inwoners over het doel van de Energy Hub. Juist ook omdat het van belang is dat alle bewoners mee kunnen doen. Of er ook consensus over het doel met de omgeving moet zijn, hangt sterk af van de context. Voor een woonwijk waar bewoners autonoom vergeleken met woonwijken een keuze maken in hun warmtevoorziening, is consensus met de omgeving minder van belang. Voor een woonwijk waarvan de warmtevoorziening een onderdeel is van een regionaal warmtenet, is consensus wel van belang. Bijvoorbeeld over het socialiseren van de investeringen in het warmtenet over de gehele regio.

2. Bij welke partij zou het eigenaarschap moeten liggen?



Bij woningen staat de komende jaren aardgasvrij centraal. De gemeente is hiervoor de regisseur en heeft daarmee het primaire eigenschap. Naast de opgave van aardgasvrij, zal ook netcongestie op het laagspanningsnet meer aandacht vragen. Het eigenaarschap hiervan ligt bij de netbeheerders. De bijdrage die Energy Hubs kunnen leveren aan het beter benutten van de beschikbare netcapaciteit staat nog in de kinderschoenen.

3. Hoe selecteer je wie je moet betrekken?



Op korte termijn ligt het accent op de “coalition of the willing”. Welke huurders en particuliere huiseigenaren hebben belang bij deelname? Woningcorporaties (huurders) en lokale energiecoöperaties (particuliere huiseigenaren) kunnen een mobiliserende rol spelen.

4. Welke publiek sturingsarrangement moet centraal staan?



De complexiteit van de sturingsbehoefte is groot. Er is sprake van een samengesteld systeem van verschillende gebouweigenaren. Bovendien is er nog in beperkte mate sprake van samenhang tussen elektriciteit en warmte. De benodigde verbindingen moeten nog opgebouwd worden. Dit vraagt van de initiator(en) van deze familie om lange termijn patronen in het energiesysteem te duiden en hier zorgvuldig op te sturen door het maken van tijdige keuzes. In deze context stuurt de gemeente vanuit de opgave en in samenwerking met woningcorporaties en de huiseigenaren. De overheid zal voor warmte wel meer formele, juridische instrumenten in gaan zetten (nieuwe warmtewet en Wet Gemeentelijke Instrumenten Warmtetransitie).

4. Families - Gebouwde omgeving - Organisatie, governance en juridisch

Juridisch: Nu-2030

Juridisch



1. Welk gemeenschappelijk doel dient juridisch geborgd te worden?

Het opwekken, opslaan, omzetten en het verbruiken van energie binnen de gebouwde omgeving die als hub fungeert. De deelnemers in de hub stemmen dit op elkaar af zodat zoveel mogelijk een net-zero balance van vraag en aanbod voor energie ontstaat binnen de hub.

2. Wie zijn de betrokken partijen bij dit gemeenschappelijke doel en hoe zijn de onderlinge verhoudingen?



De betrokken partijen kunnen kleinverbruikers (kopers en huurders < 100 kW, al dan niet verenigd in VvE-verband), grootverbruikers (> 100 kW), (meerdere) warmtebedrijven, energieleveranciers/ESCO's, netbeheerders en (rest)warmteproducten en bevoegd gezag zijn. De onderlinge verhoudingen worden gekenmerkt door een sterke mate van ongelijkheid en afhankelijkheid binnen het gemeenschappelijke doel.

Voor warmte zullen dit de warmtebedrijven worden met een publiek meerderheidsaandeel. De nieuwe energiewet zal meer ruimte bieden voor energiegemeenschappen. Voor elektriciteit is dan ook een meer gemengd beeld mogelijk van private energieleveranciers en energiegemeenschappen op buurtniveau.

3. Welke juridische samenwerkingsvorm past het beste bij het gezamenlijke doel van de hub binnen deze familie?



Coöperatieve vereniging/energiegemeenschap (toekomst) is de meest passende vorm. Per fase (ontwikkeling en/of exploitatiefase) kan de juridische samenwerkingsvorm worden ontwikkeld van een contractuele samenwerking naar een (deelname in) een rechtspersoon, of van een coöperatieve vereniging/energiegemeenschap, die aandeelhouder wordt van een exploitatie BV, waarmee de leden voor hun energiebehoefte aan- en verkoopcontracten afsluiten.



Realisatiefase

- Tijdens deze fase: contractuele samenwerking en/of ontwikkelentiteit (bijv. Coöperatieve vereniging).
- Doel: afspraken maken t.b.v. de ontwikkeling van de hub tót het moment van ingebruikname.

- Kernpunten:

- (1) Vergemakkelijken van samenwerking
- (2) Begroten van de ontwikkelkosten; financierbaarheid
- (3) Overig: (wettelijke) verplichtingen, taken, voorwaarden, betalingen, toe- en uittreding en planning.

4. Families - Gebouwde omgeving - Organisatie, governance en juridisch

Organisatie – Governance – Juridisch: 2030-2050

Organisatie



- Onze verwachting is dat de Energy Hubs een lange aanlooperperiode zullen hebben en pas na 2030 echt voet aan de grond gaan krijgen. Om de grote middengroep aan huurders en particuliere huiseigenaren mee te krijgen zal er een flinke stap gezet moeten worden in het betrekken van de bewoners. Gezien het belang van verbruiks- en opwekgegevens is hierbij het opbouwen van vertrouwen van groot belang.

Governance



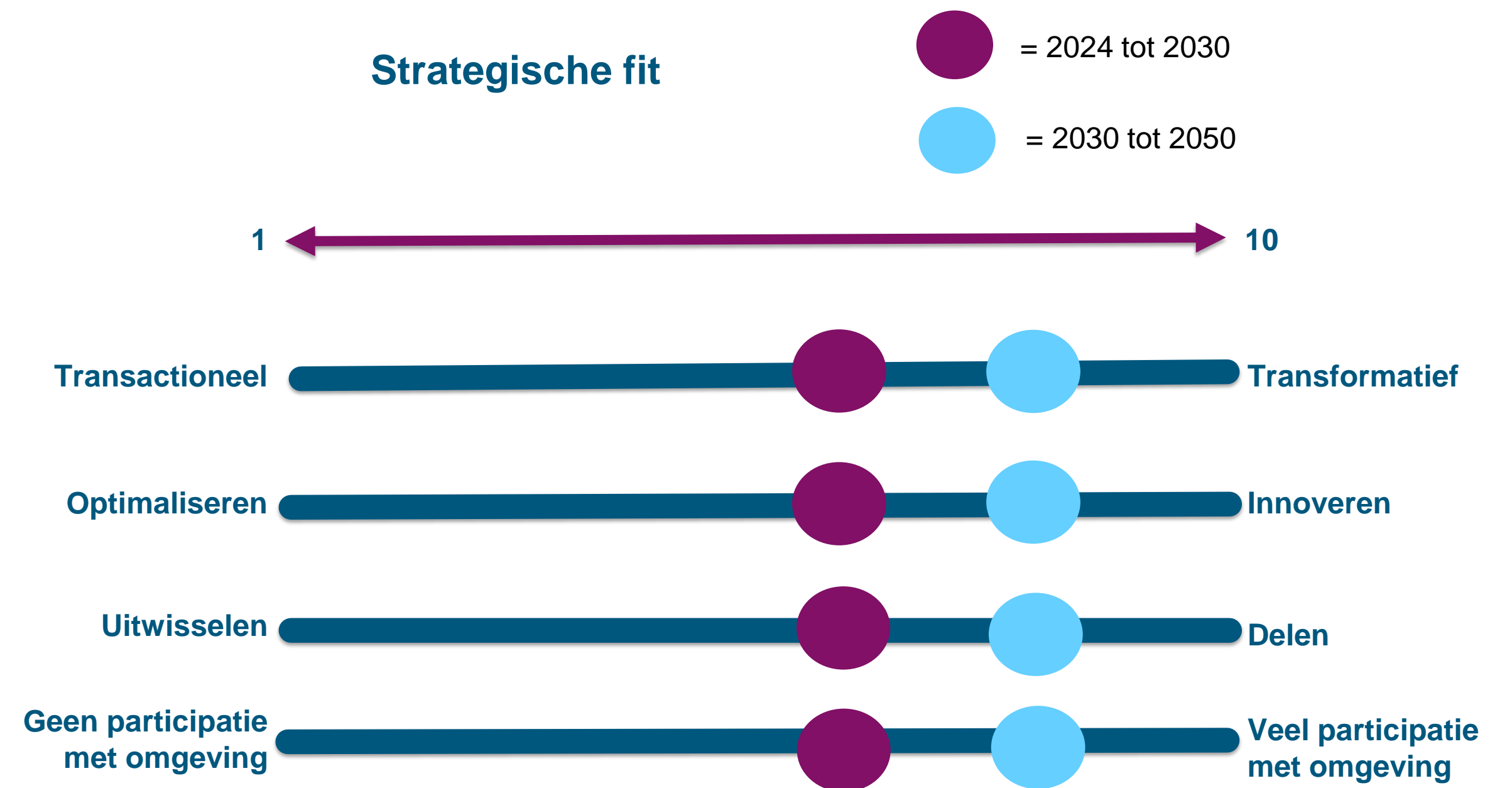
- Om grote groepen bewoners toegang te geven tot de opbrengsten van Energy Hubs, verwachten wij dat de lokale overheid een actieve rol gaat spelen in het gehele energiesysteem. Indien er actieve lokale energiecoöperaties zijn, dan doet zij dat in samenwerking met hen.

Juridisch

Exploitatiefase



- Tijdens deze fase: oprichting exploitatie-entiteit. NB: Een deskundige balancing partner (een BV), die t.b.v. van de leden van coöperatie de hub exploiteert in de exploitatiefase.
- Doel: het stabiel functioneren van de hub vanaf ingebruikname over de afgesproken termijn/periode (bijv. 30 jaar).
- Kernpunten:**
 - Zeggenschap; winst- en risico;
 - Gebruiks-/leveringsvoorwaarden/capaciteit
 - Overig: toe- en uittreding, onderhoud/storingsopvolging



Toelichting op verschuiving in strategische fit



Veranderingen in de gebouwde omgeving en zeker in woonwijken met veel verschillende eigenaren, vragen een lange adem en een duidelijke visie op de toekomst van de wijk die verder gaat 2030. Om die reden dient er al bij aanvang van de Energy Hub sprake te zijn van een vorm van samenwerking die het midden houdt tussen transactioneel en transformatief samenwerken. Er moet weliswaar een duidelijk voordeel (kostenbesparingen) voor de bewoners zijn, maar om de stap naar een volhoudbare Energy Hub vraagt ook veel aan investeringen en gedragsaanpassingen. Er is nog meer innovatie nodig, zowel in de wijze van samenwerken als de gebruikte technieken. Gedeelde opslag (buurtbatterij, seizoensopslag warmte) vraagt bijvoorbeeld zeker in bestaande woonwijken om inpassingen in al schaarse ruimte. Dat vraagt om een sterke, gelijkwaardige relatie met de bewoners en het kiezen van een tempo in het zetten van stappen dat bij hen aan sluit.

4. Families - Gebouwde omgeving - Multiplier-analyse

Methode gebouwde omgeving en resultaten

Filterstappen

De resolutie voor de gebouwde omgeving is op buurtniveau. Nederland telt in totaal 14.300 buurten. Het doel is om de buurten te vinden met een hoge Energy Hub potentie. Er zijn dan ook voor de gebouwde omgeving twee filter stappen toegepast:

- Ligt de buurt in een gebied met netcongestie? Om zo de buurten te onderscheiden waar een Energy Hub nuttig is;
- Heeft de buurt meer dan 100 woningen? Om zo Energy Hubs op een zekere schaal en impact mogelijk te maken.

Vervolgens zijn de buurten beoordeeld op basis van criteria die kenmerkend zijn voor een Energy Hub in de gebouwde omgeving:

1. Groei van elektriciteit piek door elektrificatie (% van huidig) [Score 2]
2. Deel van opwek door < 15 kWe zon PV installaties t.o.v. huidig elektriciteitsverbruik [Score 2]
3. Deel van de huizen met een stadsverwarming. [Score 0,5 tot 1]
4. Deel van de auto's in de buurt die elektrisch zijn. [Score 2,5]

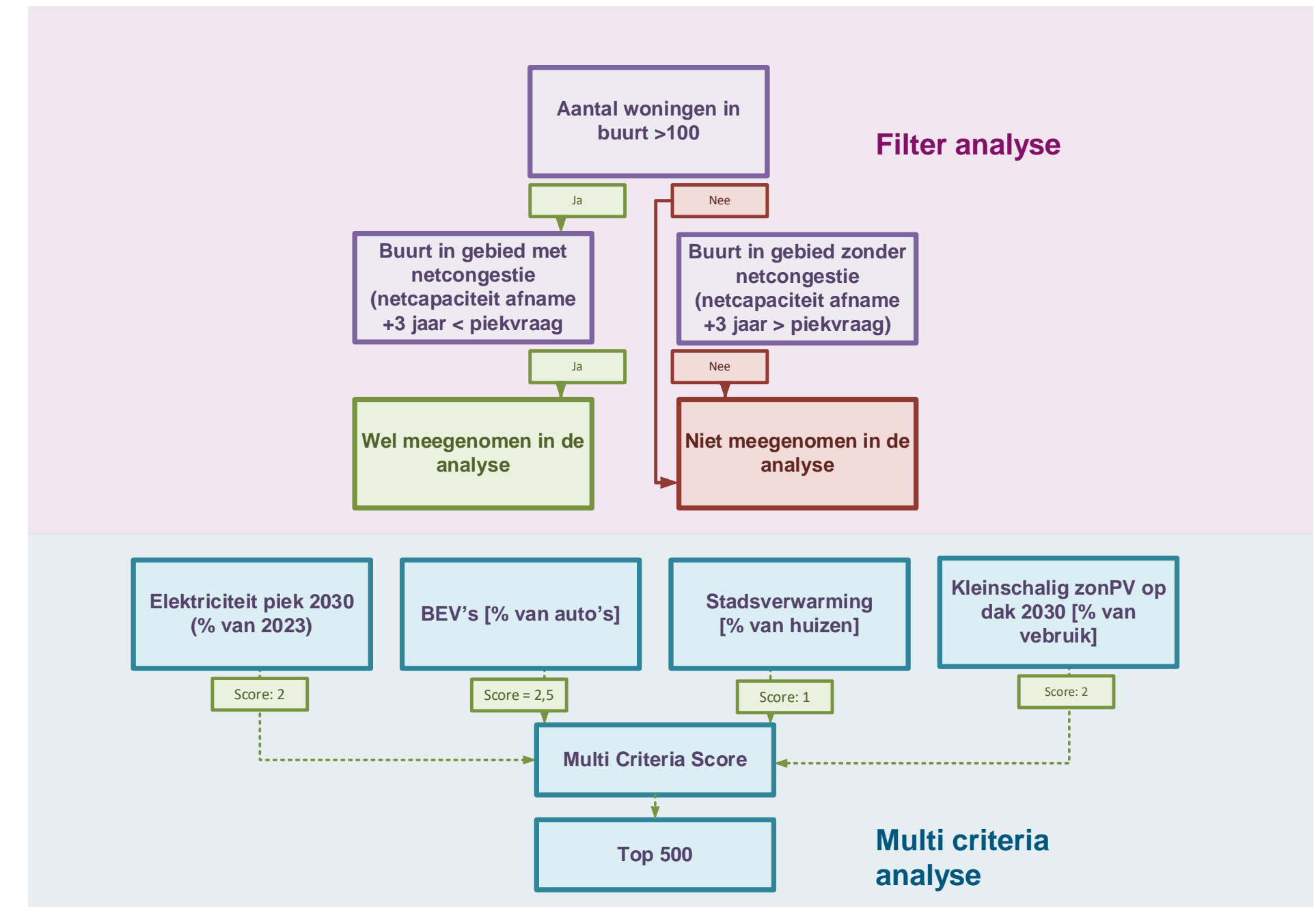
Aan de criteria is een gewicht toegekend (= score) die het belang aangeeft in relatie tot de vorming van een Energy Hub.

Multi Criteria Analyse

- De vier criteria worden gebruikt om een score te geven aan de buurten. De top 500 buurten zijn geïdentificeerd als buurten met een hoge potentie voor een toekomstige Energy Hub. In de onderstaande tabel zijn de aan energie gerelateerde eigenschappen van deze buurten weergegeven.
- Over het algemeen zijn dit buurten waar veel zon-PV is geïnstalleerd, een groot gedeelte van de bewoners elektrisch rijdt, er vaak een warmtenet aansluiting is, maar er nog wel significant aardgasverbruik is. Er is dus nog een grote elektrificatie stap nodig.

Tabel 6: Significante waarden voor buurten uit de MCA, heeft betrekking op de top 500 buurten

	Min	Max	Gemiddeld	
Aantal woningen	101	5.102	449	
Elektra piek huidig	0	3	0	MWp
Elektra piek 2030	0	8	1	MWp
Elektra jaarverbruik huidig	64	14.693	1.493	MWh/j
Elektra jaarvebruik 2030	199	31.344	3.229	MWh/j
Opwek huidig (2022)	83	12.163	1.542	MWh/j
Opwek 2030	109	15.970	2.024	MWh/j
Opwek piek huidig (2022)	0	13	2	MWp
Opwek piek 2030	0	17	2	MWp
Laadvraag BEVs 2030	0	3	0	MW




Figuur 6: Schematisch overzicht analyse stappen gebouwde omgeving

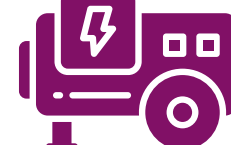
Voorbeeld scenario Energy Hub

In de onderstaande figuur zijn de resultaten weergegeven die worden gebruikt om een indicatie te geven voor een soort Energy Hub scenario voor de top 500 buurten. Het scenario kan gezien worden als een worst case scenario: Er is geen flex-capaciteit, of lokale opwek mogelijk in aanvulling op zon-PV. De piek moet volledige worden opgevangen door een batterij met een aggregaat, of WKK, als back-up

- Het back-up vermogen is berekend met de piek die nodig is (t.o.v. BaU) voor volledige elektrificatie. Hier is de thuislaadpiek niet in meegenomen.
- De batterij biedt genoeg opslag op basis van het jaargemiddelde elektriciteitsverbruik na elektrificatie voor een periode van 16 uur.

Batterij

3,4 MWh

Gemiddeld "worst case" scenario voor een buurt hub

Back-up

0,8 MW

- Uitgaande van een kosteninschatting van 300 €/kWh voor batterijen (NREL, 2021) en 2.000 €/kW voor een aggregaat (EIA, 2022). Zijn de gemiddelde kosten voor een Energy Hub in de gebouwde omgeving rond de € 2,6 miljoen.

4. Families - Gebouwde omgeving – Multiplier-analyse

Impact factor

92%

eiland + bron

94

buurt hubs

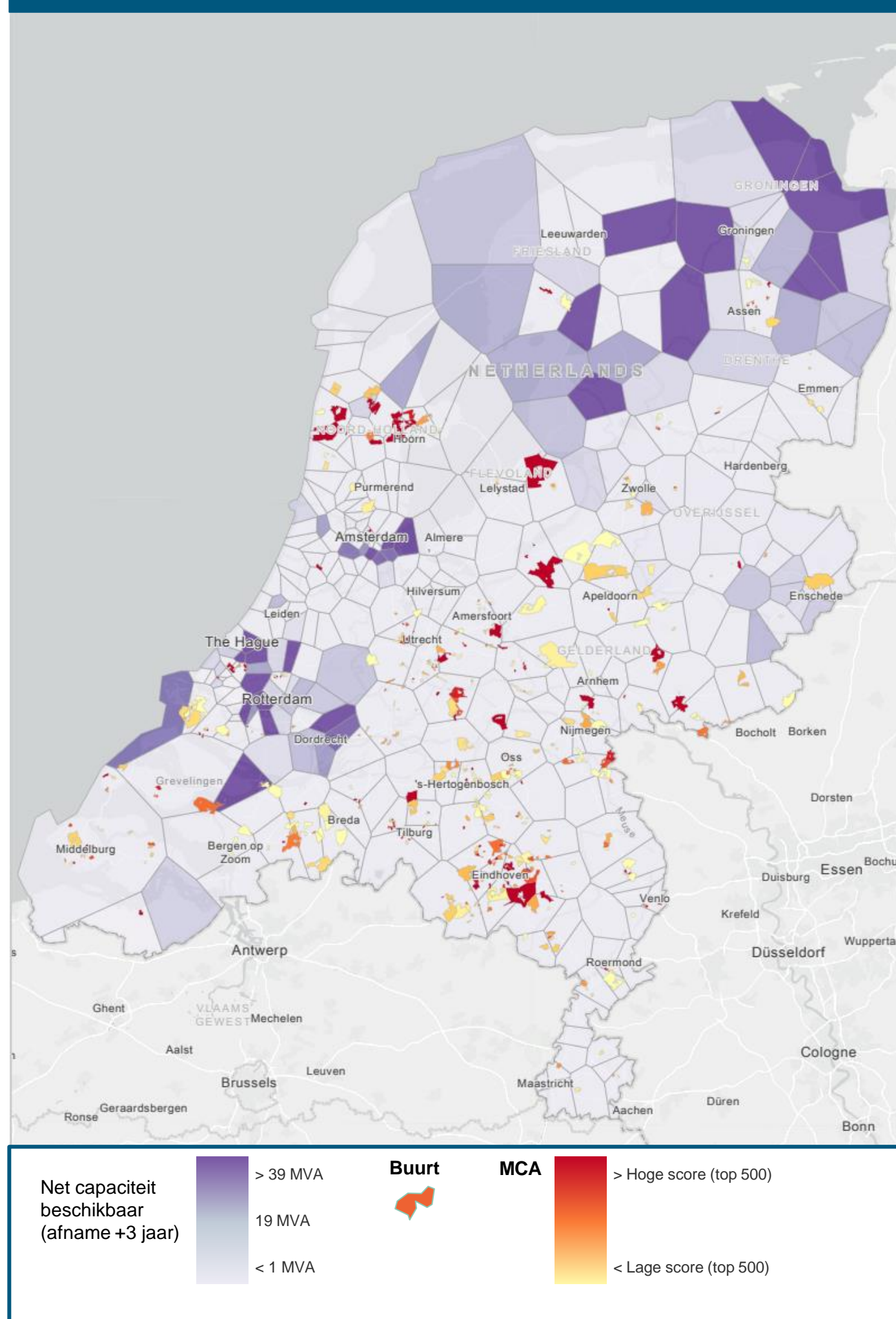
Top 500

Kansrijke regio's

- ❖ Metropoolregio Eindhoven
- ❖ Regio Noordoost Brabant
- ❖ Regio Flevoland

Multiplier-analyse gebouwde omgeving, score op indicatoren

Kaart 1: Kansrijke energie hubs - woonwijken



Indicatoren

Omvang en locaties in Nederland

- In Nederland zijn er in totaal 5.889 buurten die voldoen aan de filtercriteria, wat neerkomt op 41% van alle buurten. Deze buurten bevinden zich in midden-spanningsgebieden waar netcongestie zal ontstaan door elektrificatie. De behoefte aan Energy Hubs in deze buurten is dus groot.
- Van de gefilterde buurten is 98,3% een spons (niet zelfvoorzienend), 1% een eiland en 0,7% een bron. Deze percentages zijn gebaseerd op kleinschalige PV-opwek in 2030 bij woningen versus het beoogde verbruik. Buurten met een jaarverbruik > 150% van de opwek zijn sponsen; < 100% zijn bronnen.
- Eilanden en bronnen scoren goed in de Multi Criteria Analyse (MCA) vanwege hun hoge zon-PV-opwek. Ze kwalificeren voor de top 500. Over het algemeen zijn dit buurten met veel PV-installaties, elektrische auto's en warmtenetaansluitingen, maar met nog significant aardgasverbruik. Een grote elektrificatiestap is dus nodig.

Vermeden economische schade

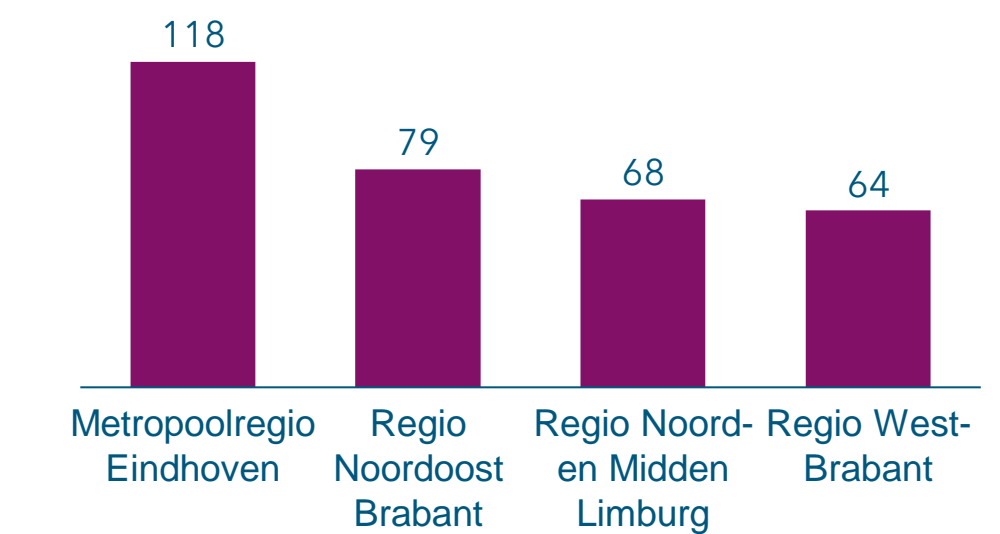
De vermeden economische schade voor de gebouwde omgeving door de realisatie van een Energy Hub wordt bepaald door verschillende hoofdcomponenten:

- Verdergaande elektrificering en CO₂-reductie: Elektrificatie leidt tot minder CO₂- en NO_x-uitstoot. Beter gebruik van lokale duurzame opwek verdringt emissies van fossiel opgewekte elektriciteit.
- Wegnemen van belemmeringen: Het weghalen van obstakels voor laadpalen en warmtepompen resulteert in CO₂-reductie (duurzaam transport en warmte).
- Nieuwbouwfacilitering: Het wegnemen van hindernissen voor nieuwbouw.

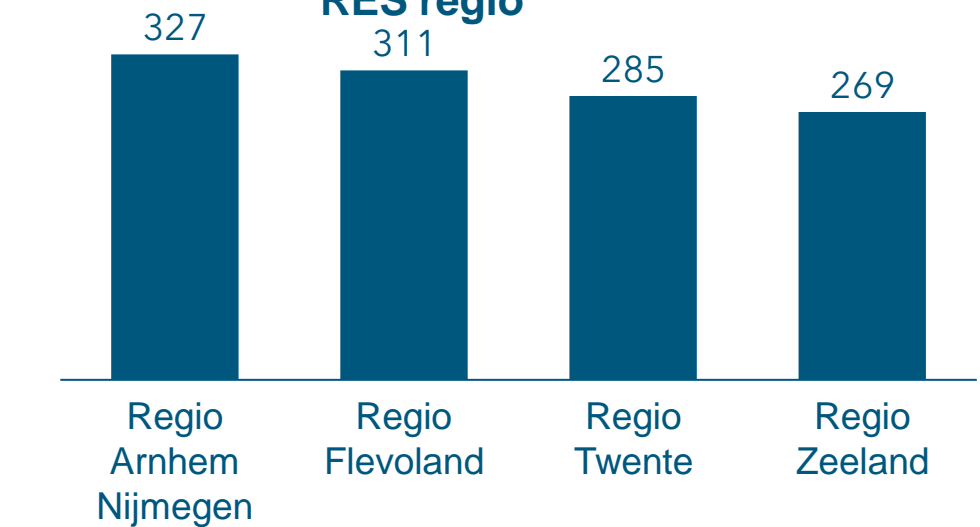
Toegevoegde economische schade

- Daarnaast is er toegevoegde economische schade door CO₂-, NO_x- en geluidsemissies van aggregaten/WKK's die piekvraag in de Energy Hub opvangen."

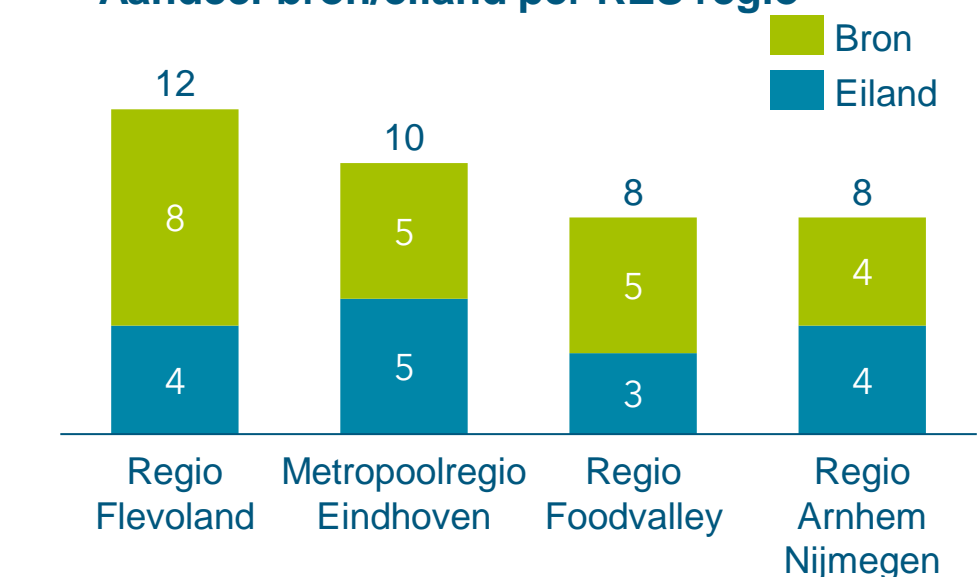
Aantal buurten in top 500 per RES regio



Hoogste gemiddelde MCA score per RES regio



Aandeel bron/eiland per RES regio



4. Families – Gebouwde omgeving – Multiplier-analyse

Impact factor

92%

CO₂ reductie

0,5 tot 0,7 Mton CO₂

Piek reductie

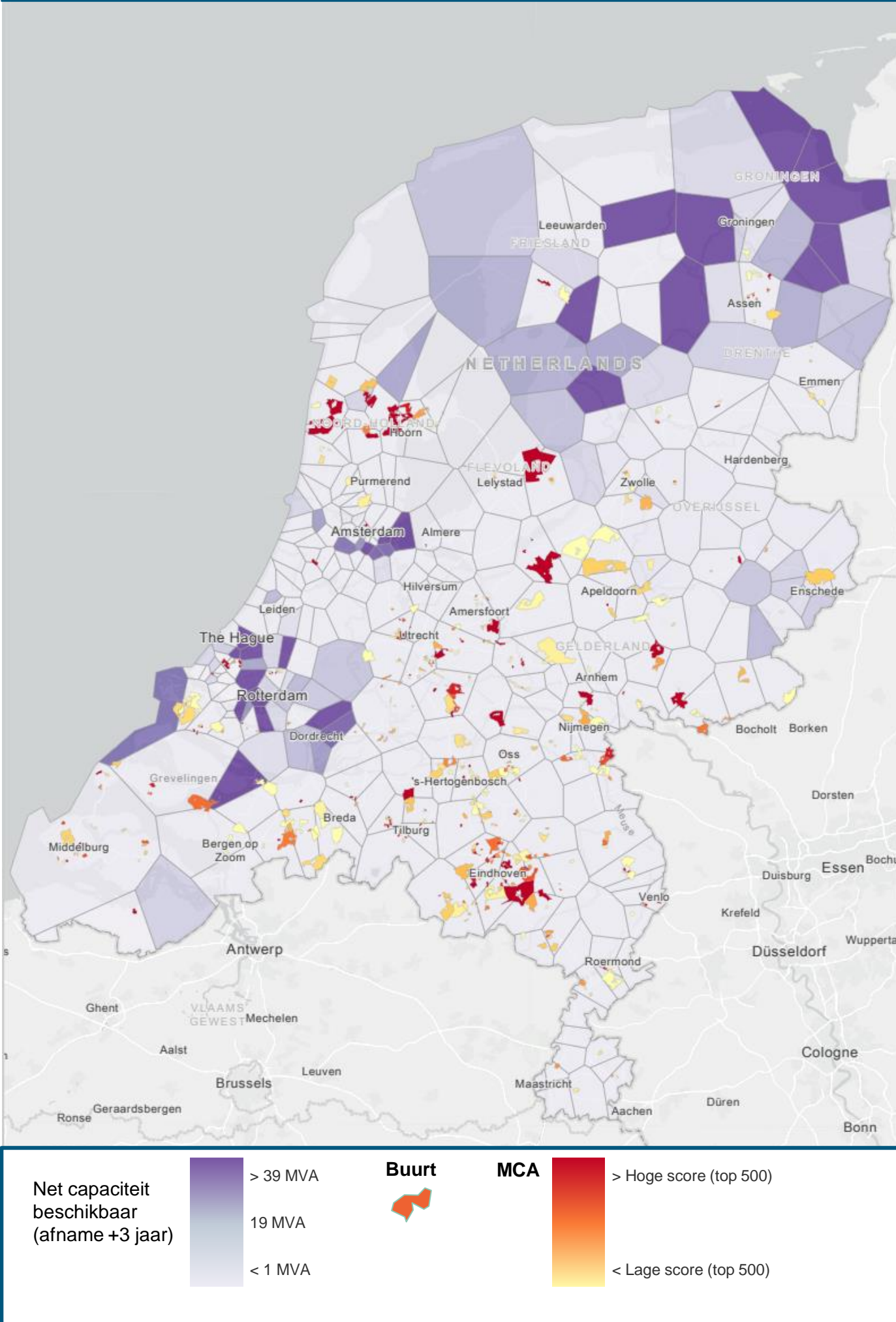
380 MW (warmte)
310 MW (mobiliteit)

Kansrijke regio's

- ❖ Metropoolregio Eindhoven
- ❖ Regio U16
- ❖ Regio Noordoost Brabant

Multiplier-analyse gebouwde omgeving, omvang van de effecten

Kaart 1: Kansrijke energie hubs - woonwijken.



Vermeden CO₂

De grootste driver voor CO₂-emissiereductie voor deze buurten is de verdere elektrificatie van het aardgasgebruik. In buurten waar er netcongestie is op afname kan dit zonder Energy Hub slechts voor een deel plaatsvinden. Dit vertaalt zich door in een BaU scenario zonder en een scenario met Energy Hub. Het verschil tussen de scenario's bepaald de bespaarde CO₂.

- Voor de top 500 buurten is in totaal **0,7 Mton** CO₂ besparing berekend door vermindering van aardgas gebruik. (56,4 Kg CO₂ /GJ)
- Daarvoor staat **0,2 Mton** extra emissie tegenover door het toegenomen elektriciteit verbruik. Op basis van de integrale methode 2025: 0,19 kg CO₂ /kWh.
- Bij verdere verduurzaming van lokale opwek is aangenomen, op basis van voorgaande energy hub projecten, dat ongeveer 2/3^e van de extra verbruikte elektriciteit via lokale opwek en batterij opslag voorzien kan worden. De extra besparing van deze opwek, **0,2 Mton**, is berekend via de referentie park methode 2030: 0,29 kg CO₂/kWh.

In de staafdiagram hiernaast is aangegeven in welke regio's de te bereiken CO₂-emissiereductie naar verwachting het grootst kan zijn.

Een belangrijke kanttekening bij deze analyse is dat een deel van de maatschappelijke instellingen voorrang krijgt van de Autoriteit Consument en Markt (ACM) (codebesluit maatschappelijk prioriteren) bij het verkrijgen van een aansluiting. Hierdoor zou de CO₂-emissiereductie ook deels zonder Energy Hub kunnen plaatsvinden.

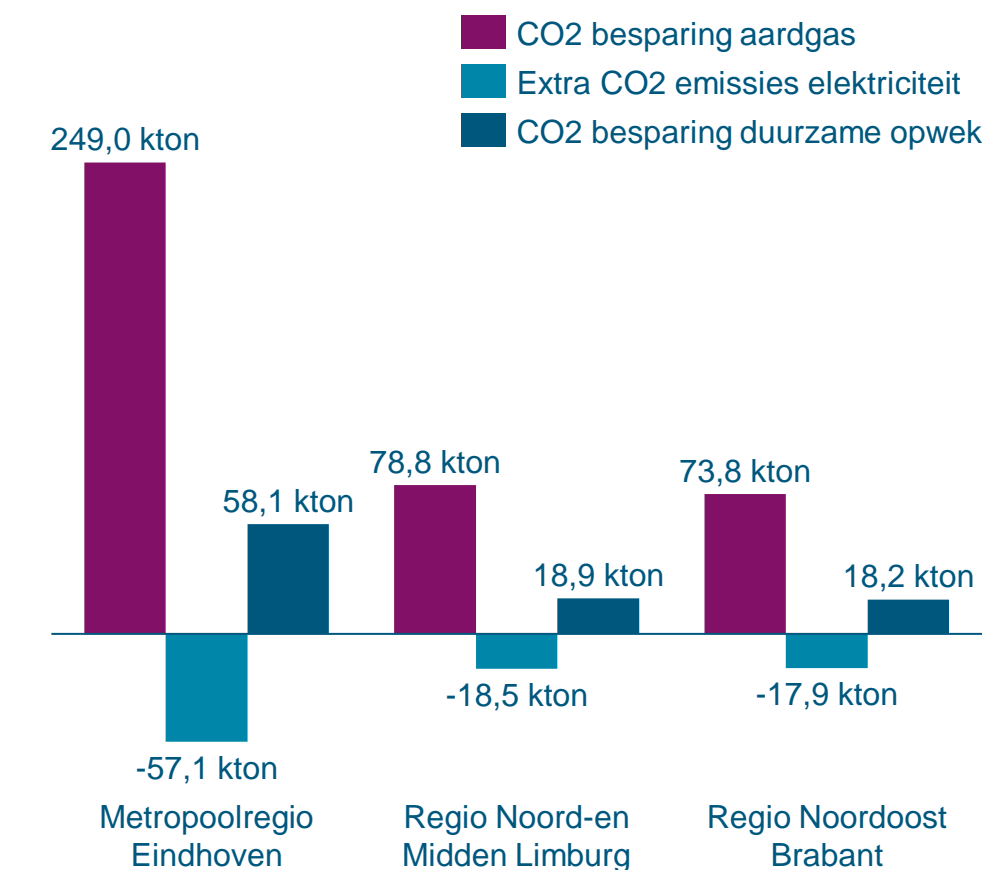
Reductie afname piek elektriciteit

De vermindering piek belasting is bepaald door te kijken naar het verschil van de benodigde elektriciteit piek na elektrificatie en de huidige elektriciteit piek. De aanname is dat door de realisatie van een Energy Hub dit verschil in vermogen niet meer gecompenseerd hoeft te worden door verdere verzwaring van het net, maar door de Energy Hub wordt opgelost.

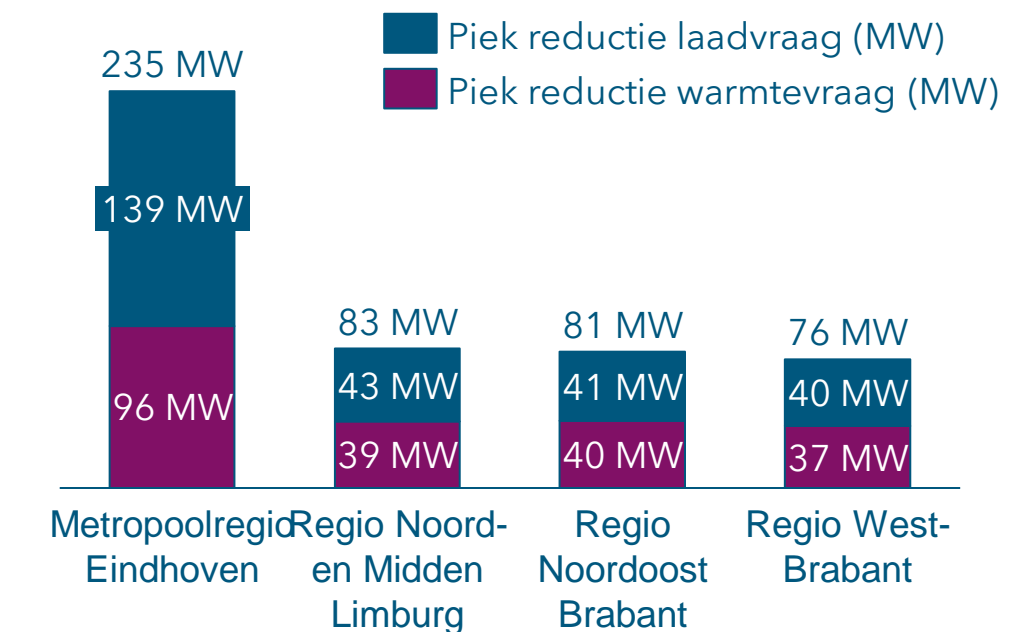
- Voor de top 500 buurten is in totaal **690 MW** berekend aan verminderde piekbelasting. De hoge verwachte elektriciteit piek in 2030 is voor een groot deel (55%: 380 MW) afkomstig uit de inzet van warmtepompen met een hoge gelijktijdigheid factor (0,9). Het overige deel (45%: 310 MW) is het resultaat van een toenemende thuislaadvraag.

Dit betekent dat als er in de top 500 buurten een Energy Hubs gerealiseerd worden gelijk aan het vermogen dat nodig is voor verdere elektrificatie in de buurten, er in totaal 690 MW aan gereduceerde piek belasting wordt veroorzaakt. Zie staafdiagram (blauw) in welke regio's die effect het grootst zal zijn.

CO₂ emissiereductie per RES regio (kton/jaar)



Reductie piek belasting





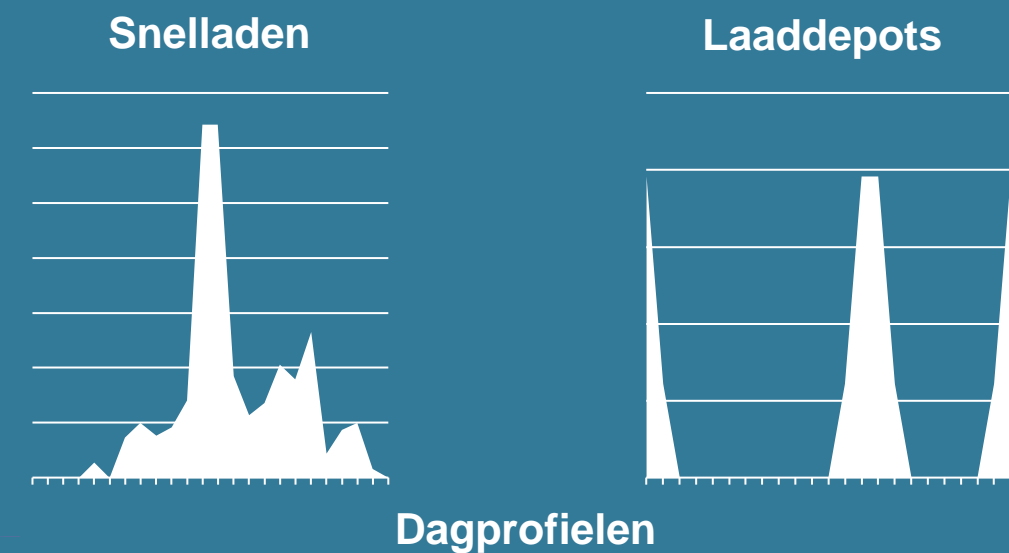
Mobiliteit

Mobiliteit Energy Hub

Basisbeschrijving

- Locaties waarbij meerdere vervoersmiddelen doorgaans tanken (opladen) of moeten stoppen volgens een schema.
- Een variant hiervan zijn vervoersstallingen (of depots) gaat vooral om bussen.
- Elektraverbruik kent korte geïsoleerde pieken gedurende de dag of langere pieken in de avonden bij depots.
- Warmte en seizoenen spelen een beperkte rol

Geïsoleerde pieken, meestal in de daguren, langdurige pieken in de avonden bij depots



Definitie Mobiliteit Energy Hub

Mobiliteitshubs zijn locaties waar verschillende transportmiddelen samenkomen voor het tanken (opladen) of pauzeren voor een bepaalde tijd (voor ontspanning of volgens een rijtijdschema). Tot deze hubs behoren o.a. snellaadstations, verzorgingsplaatsen, treinstations gecombineerd met busstations, E-bus depot en E-truckstops. Elk type hub heeft een specifieke behoefte aan elektrisch vermogen en een daarbij behorend patroon.

Bij snellaadstations, truckstops en busstops bij treinstations is sprake van een kortstondige vraag en grote snellaadbehoefte. Dit resulteert vaak in geïsoleerde pieken die meestal overdag optreden (met name op werkdagen). E-bus garages of truckdepots hebben daarentegen een verbruikspatroon met langdurigere pieken in de avonden. Deze laadpieken zijn afhankelijk van de aantal laadpunten en laadsnelheden, deze kunnen variëren tussen 0,5 tot 10 MW.

Temperatuur of het seizoen hebben slechts een beperkte invloed. Het is gebruikelijk dat elektrische voertuigen vaker moeten opladen tijdens de winter vanwege de invloed van koude temperaturen op de batterijcapaciteit. Vakantieperiodes kunnen ook de frequentie van laadsessies verhogen, maar dit verandert het dagelijkse laadpatroon niet significant.



4. Families – Mobiliteit - Energiesysteem

Mobiliteit Energy Hub

Nu en tot 2030

In de periode tot 2030 wordt een significante groei in elektrische mobiliteit voorzien. Het centrale scenario suggereert dat er tegen 2030 een behoefte zal zijn aan ongeveer 2.900 snelladers. De infrastructuur voor elektrische vrachtwagens (e-trucks) is in opkomst, met laadcapaciteiten tot 1 MW per punt. Door de beperkingen van netcongestie is er een grote kans dat deze vroeg zal worden geëxperimenteerd met duurzame brandstofalternatieven zoals waterstof of biobrandstof. Verder dient uiterlijk 2030 het Nederlandse openbaar vervoer emissievrij te zijn, wat inhoudt dat alle bussen elektrisch moeten zijn. Dit vereist een toename van laadpunten op centrale locaties, zoals treinstations en busdepots.

Richting 2050

Voor de periode 2030 tot 2050 wordt verwacht dat mobiliteit overwegend elektrisch zal zijn. Bijna alle traditionele tankstations zullen plaatsmaken voor snellaadstations, mogelijk met hogere laadvermogens. Zware mobiliteit zal deels elektrisch zijn en deels grootschalig draaien op waterstof of biobrandstof. Elektrische mobiliteit zal verder geïntegreerd zijn met het elektriciteitsnet, waarbij laadpunten deel uitmaken van netdiensten via vehicle-to-grid technologie.

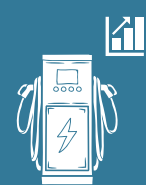
Energy Hub bouwstenen

Door de kortstondige karakter van snelladers zullen in de eerste instantie mobiliteitshubs zich voornamelijk richten op peak-shaving, door middel van slim laden of integratie met batterijopslag. Hierdoor zal het energieverbruiksprofiel zich verspreiden over de dag, met minder kortstondige pieken en een gelijkmatiger verbruiksprofiel. Het aansluiten bij nabijgelegen duurzame energiebronnen zal verder bijdragen aan een lokaal benutting van duurzame opwekpieken.

In tegenstelling tot snelladers, zullen depots die 's nachts laden voornamelijk batterijopslag inzetten om overdag opgewekte duurzame energie naar de nachturen te verschuiven en pieken af te vlakken.

In de toekomst zal de toepassing van waterstof en biobrandstoffen zorgen voor een verdere afvlakking van de elektriciteitsvraag. Daarnaast zullen er ook inspanningen worden verricht om gebruik te maken van de vrije capaciteit van het spoorwegnetwerk in de omgeving.

Trends – Regelgeving die groei van EV's stimuleert



- Verdere uitbreiding van de landelijke laadinfrastructuur in het centrale scenario, er is behoefte aan 2.900 snelladers langs en nabij het hoofdwegennet.



- Nederlandse OV: Vanaf 2025 alle nieuwe bussen emissievrij en uiterlijk in 2030 alle bestaande bussen.



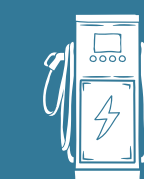
- Introductie van meerdere duurzame brandstofvarianten (moleculen), met name voor zware mobiliteit

Aanzienlijke kortstondige pieken op het net verwacht waar voorheen slechts beperkt verbruik was

Knelpunten / Koppelkansen

- ✗ RWS-verzorgingsplaatsen
- ✗ Truckstops
- ✗ Bus OV punten op stations
- ✗ Bus stallingen
- ∞ Nabij duurzame opwek
- ∞ Nabij rail net-infra

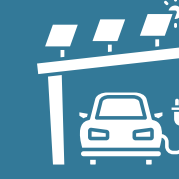
Energy Hub bouwstenen



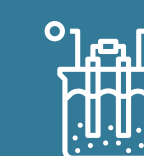
Slimladen
Vehicle to grid



BESS
(dag/nacht,
peak-shaving)



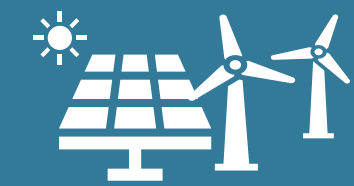
Solar carports



Conversie
naar
moleculen



Aansluiten op
nabij rail net-
infra



Aansluiten op
nabij zon PV /
wind parken

4. Families - Mobiliteit – Organisatie en governance

Mobiliteit: Nu-2030

Organisatie

1. Wat is het karakter van de samenwerking?



Het karakter van de samenwerking is transactioneel. Het draait om een eenduidige product dat wordt afgenomen tegen afgesproken voorwaarden. Standaardisatie, concrete regels en efficiëntie zijn belangrijk en vormen de basis van de samenwerking

2. Is het doel gezamenlijk optimaliseren of innoveren?



Het doel verschilt per energiedrager. Het accent ligt bij elektriciteit op optimalisering van de laadplanning die aansluit bij het belastingprofiel van het elektriciteitsnet. Bij waterstof wel nog meer aandacht nodig voor innovatie, vooral aan de productiekant. Bij de inzet van groen gas ligt het accent ook op optimaliseren van de inzet van groen gas.

3. Staat het uitwisselen of delen van data, kennis en/of assets centraal?



Het delen van verbruiksgegevens en beschikbare netcapaciteit en het duiden van de betekenis hiervan is van belang. Op basis hiervan het maken van gemeenschappelijk afgestemde laadschema's.

4. Wat zijn de sleutelrollen?



De sleutelrol ligt bij aanbiedende partijen die in hoog tempo vooral nieuwe laadmogelijkheden aanbieden en in mindere mate groen gas en waterstofstations. Regionale netwerkbeheerders spelen een bepalende rol bij tijdig realiseren benodigde netuitbreidingen om aanzienlijke pieken in verbruik op te vangen.



5. Hoe is de fit tussen de strategische dimensies van de samenwerking?

Zie [slide 39](#).



6. Welke grondvorm van samenwerking?

Transactioneel samenwrken.

Governance

1. In hoeverre moet er consensus zijn over het doel van de samenwerking? En met de omgeving?



Binnen de Energy Hub moet er sprake zijn van consensus. Met de omgeving is in de transactionele fase minder van belang. Als er meer ingezet gaat worden op het betrekken van duurzaam opgewekte energie buiten de hub, dan wordt consensus over het doel van de hub wel belangrijker.

2. Bij welke partij zou het eigenaarschap moeten liggen?



Bij parkmanagement, waarbij een contract afgesloten wordt met een laadinfrabedrijf, groen gas of waterstofstation.

3. Hoe selecteer je wie je moet betrekken?



Op korte termijn ligt het accent op de "coalition of the willing". Het parkmanagement speelt hierin een belangrijke rol.

4. Welke publiek sturingsarrangement moet centraal staan?



Sturing vanuit de markt staat centraal. Publieke sturing vanuit de overheid is beperkt. Uitzondering hierop is het maatschappelijk prioriteren van beschikbare netinfrastructuur op lokaal en regionaal niveau. De vraag die hierbij relevant is of mobiliteit voldoende aandacht krijgt en meegenomen

Mobiliteit: Nu-2030

Juridisch



1. Welk gemeenschappelijk doel dient juridisch geborgd te worden?

Het opwekken, opslaan, omzetten en het verbruiken van energie binnen de gebouwde omgeving die als hub fungeert. Tevens is hierbij het doel om CO₂ te reduceren volgens afgesproken Europese normen.



Realisatiefase

- Tijdens deze fase: contractuele samenwerking en/of ontwikkelentiteit (bijv. Coöperatieve vereniging).
- Doel: afspraken maken t.b.v. de ontwikkeling van de hub tót het moment van ingebruikname.

- Kernpunten:

- (1) Vergemakkelijken van samenwerking
- (2) Begroten van de ontwikkelkosten; financierbaarheid
- (3) Overig: (wettelijke) verplichtingen, taken, voorwaarden, betalingen, toe- en uitbreiding en planning.



2. Wie zijn de betrokken partijen bij dit gemeenschappelijke doel en hoe zijn de onderlinge verhoudingen?

De betrokken partijen zijn hier energieproducenten/leveranciers, bevoegd gezag, netbeheerders, (laadinfra)bedrijven en hoofdzakelijk grootzakelijke gebruikers zoals OV en transportbedrijven(> 100 kW). De onderlinge verhoudingen worden gekenmerkt door een sterke mate van afhankelijkheid binnen het gemeenschappelijke doel (o.a. capaciteit/vraag/aanbod) en een sterke mate van gelijkheid. Betrokken partijen kunnen zich verenigen dan wel samenwerken in de ontwikkel- en/of exploitatiefase.



3. Welke juridische samenwerkingsvorm past het beste bij het gezamenlijke doel van de hub binnen deze familie?

Coöperatieve vereniging/energiegemeenschap is de meest passende vorm. Per fase (ontwikkeling en/of exploitatiefase) kan de juridische samenwerkingsvorm worden ontwikkeld van een contractuele samenwerking naar een (deelname in) een rechtspersoon, of van een coöperatieve vereniging/energiegemeenschap, die aandeelhouder wordt van een exploitatie BV, waarmee de leden voor hun energiebehoefte aan- en verkoopcontracten afsluiten.

5. Vertaling naar families – Organisatie, governance en juridisch

Mobiliteit: 2030-2050

Organisatie



- De organisatie van mobiliteitshubs zal toegerust moeten zijn op een verregaande integratie in het energiesysteem. Dit vraagt om een sterke toename van het gezamenlijke innoverend vermogen om hierop in te spelen en liefst zelf op vooruit te lopen.

Governance



- Een belangrijke bouwsteen is de nabije opwekking van duurzame energie. Dit maakt dat de mobiliteitshub ook afhankelijker wordt van de omgeving. Dit geldt voor de leverende partijen, maar ook voor omwonenden. Transactioneel samenwerken zal over moeten gaan naar meer transformatief samenwerken. Ook zal er meer geïnvesteerd moeten worden in de relatie met de omgeving.

Juridisch



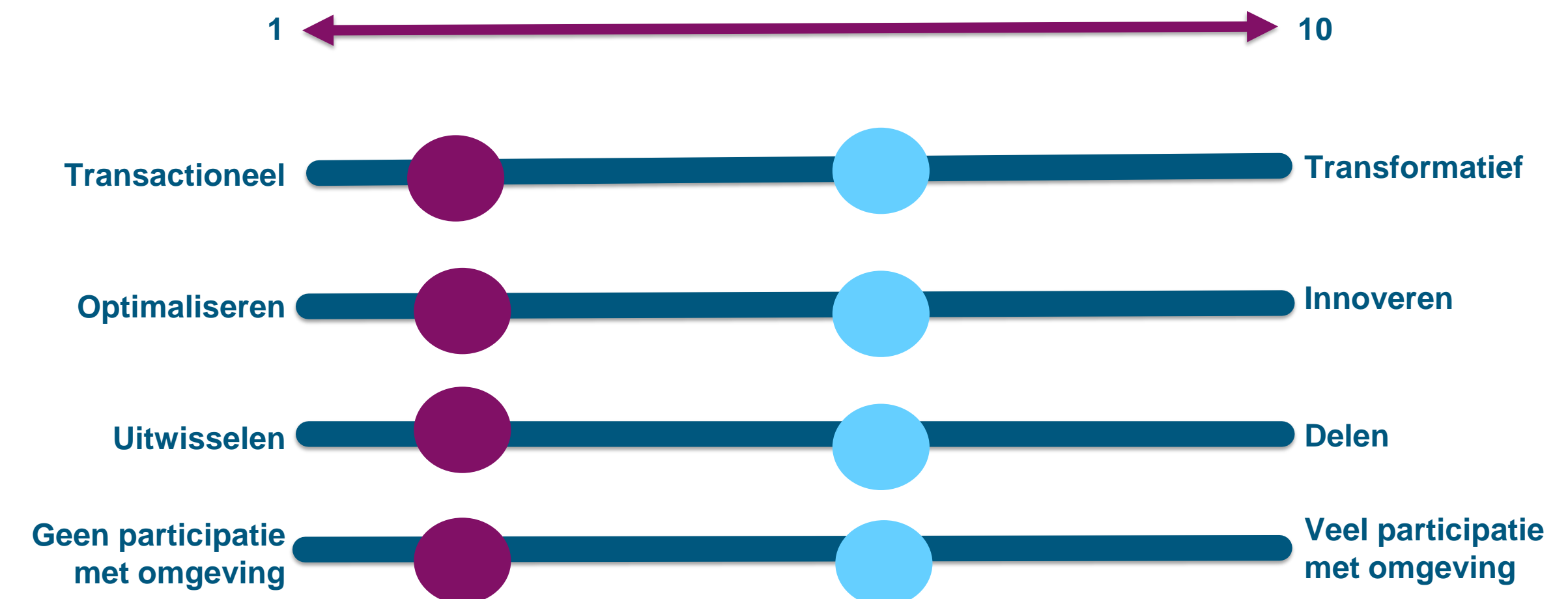
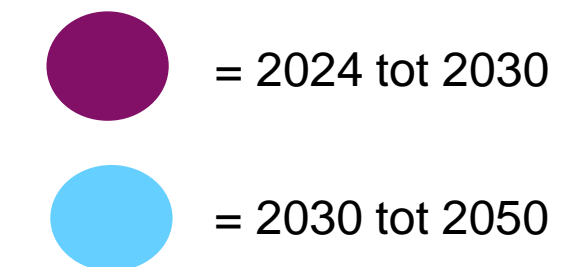
Exploitatiefase

Tijdens deze fase: oprichting exploitatie-entiteit (Energie BV). Deze contracteert met een ESCo die de service voor de hub levert.

Doel: het stabiel functioneren van de hub voor 'open gebruik' binnen de afgesproken termijn/periode (bijv. 30 jaar).

Kernpunten:

- Zeggenschap; winst- en risico;
- Gebruiks-/leveringsvoorwaarden t.b.v. 'open gebruik'
- Overig: toe- en uittreding, onderhoud/storingsopvolging etc.



Toelichting op verschuiving in strategische fit

Voor de komende jaren ligt het accent op een transactionele vorm van samenwerken. De mobiliteitshub draait om een eenduidige product (vooral elektriciteit) dat wordt afgenomen tegen afgesproken voorwaarden. Standaardisatie, concrete regels en efficiëntie zijn belangrijk en vormen de basis van de samenwerking. De sleutelrol ligt bij aanbiedende partijen die in hoog tempo vooral nieuwe laadmogelijkheden aanbieden en in mindere mate groen gas en waterstofstations.



De verwachting is dat er op termijn bij grotere volumes wel meer ingezet gaat worden op het betrekken van duurzaam opgewekte energie uit de omgeving. De samenwerking krijgt meer transformatieve accenten door het aan gaan van langere termijn relaties. Mogelijk wordt de mobiliteitshub ook deels eigenaar van windparken/zonneweiden in de omgeving. Dit vraagt ook om een goede samenwerking met overheden en mogelijk ook bewoners, vandaar dat participatie belangrijker wordt.

4. Families - Mobiliteit – Multiplier-analyse

Methode mobiliteit en resultaten

Filterstappen

Voor mobiliteit Energy Hubs vindt de analyse plaats op buurtniveau en met de volgende filterstappen:

- De mobiliteit Energy Hub, met buurt resolutie, bevindt zich **in een gebied met netcongestie** op afname.
- Het totale piek vermogen van de verwachte vraag in de mobiliteit Energy Hub is meer dan **1,5 MWe**.

Een belangrijk detail is welke onderdelen van de laadprognose van ELaad voor 2030 wel, en niet, worden meegenomen in het opstellen van de laadvraag voor mobiliteit Energy Hubs. In het overzicht rechts is weergegeven wat wel is meegenomen. Significante waarden die niet zijn meegenomen in de laadvraag zijn:

- Laadvraag van thuislaadpunten; deze worden wel meegenomen in de analyse voor de gebouwde omgeving;
- Laadvraag van werklaadpunten; deze worden wel meegenomen in de analyse voor bedrijventerreinen.

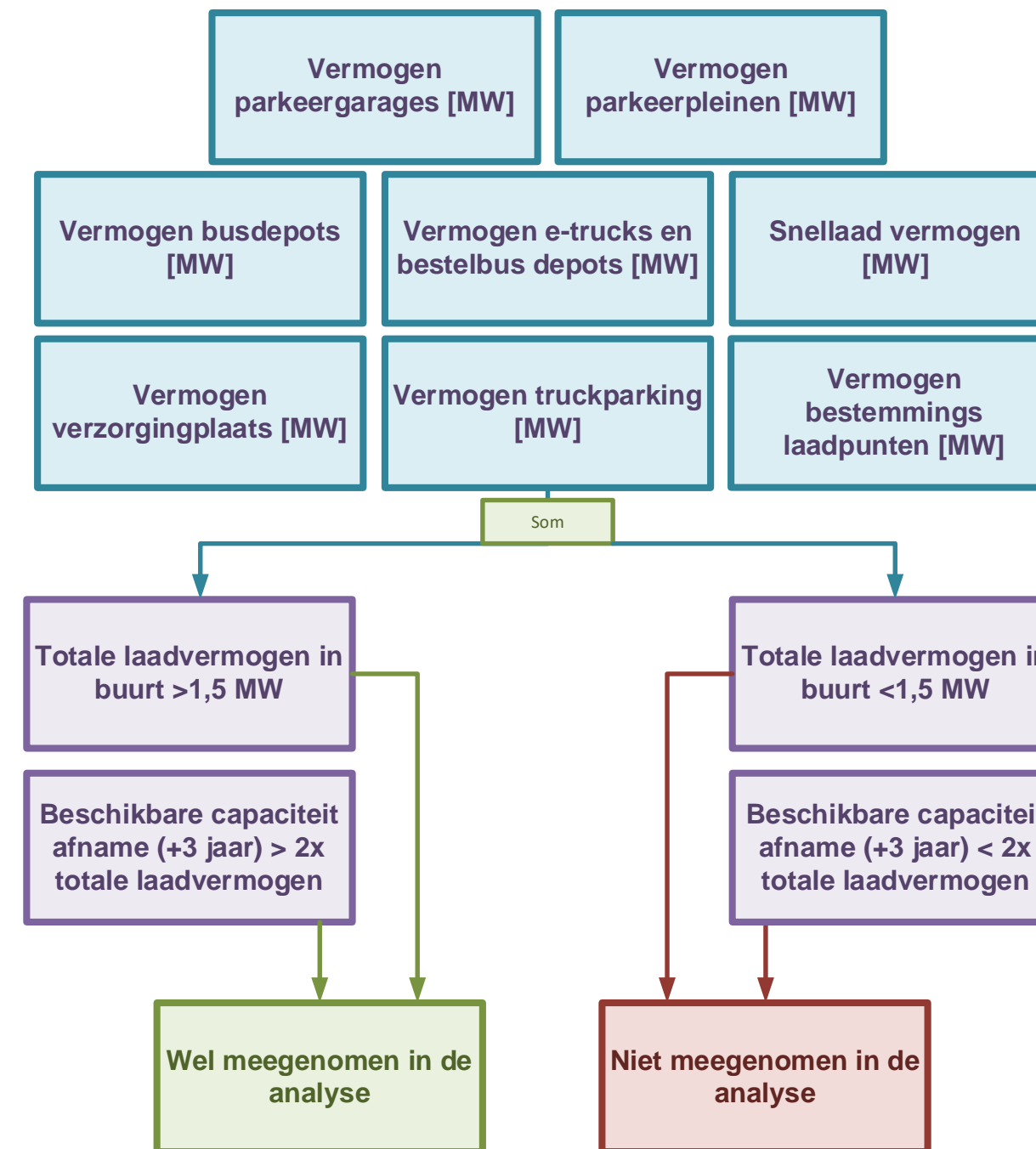
Aangenomen is dat een mobiliteit Energy Hub geen controle heeft over thuis en werklaadpunten, maar wel over de meer gecentraliseerde laadpunten zoals parkeergarages, verzorgingsplaatsen en depots.

Resultaten data analyse voor mobiliteit Energy Hubs

De onderstaande tabel beschrijft de laadvraag van mobiliteit hubs in 2030 en waar mogelijk in 2024.

Tabel 7: Significante waarden voor Energy Hubs mobiliteit

	Min	Max	Gemiddeld	Totaal in hubs	% van NL	
Aantal BEVs 2024	-	596	51	24.338	4%	#
Aantal BEVs 2030	-	2.012	185	87.459	5%	#
Aantal E-bestelbussen 2030	-	217	37	17.475	8%	#
Aantal E-trucks 2030	-	157	9	4.386	41%	#
Vermogen snellaad 2030	-	8,8	1,5	0,7	100%	GW
Vermogen busdepots 2030	-	9,0	0,9	0,4	71%	GW
Vermogen Etrucks depots 2030	-	6,0	0,4	0,2	33%	GW
Totaal laadvermogen 2030	1,5	10,8	3,3	1,6	46%	GW




Figuur 7: Schematisch overzicht analyse stappen gebouwde omgeving

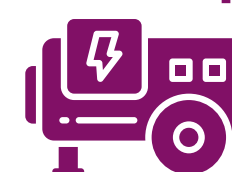
Voorbeeld scenario mobiliteit Energy Hub

In de onderstaande tabel zijn twee resultaten weergegeven die worden gebruikt om een indicatie te geven voor een soort energy hub scenario. Het scenario kan gezien worden als een **worst case scenario voor een energy hub**: Er is geen flex capaciteit, of lokale opwek mogelijk. De volledige piek moet worden opgevangen door een batterij met een generator, of WKK, als back-up.

- Het back-up vermogen is berekend op de piek die nodig is (t.o.v. BaU) voor volledige elektrificatie. Hier is rekening gehouden met 40% elektriciteit afname van het net.
- De batterij biedt genoeg opslag op basis van het jaar gemiddelde voor een dag, ook hier is rekening gehouden met 40% elektriciteit afname van het net.

Batterij

2,2 MWh

Gemiddeld “worst case”
 scenario voor een
 mobiliteit hub

Back-up

1,5 MW

- Uitgaande van een kosteninschatting van 300 €/kWh voor batterijen (NREL, 2021) en 2.000 €/kW voor een aggregaat (EIA, 2022). Zijn de gemiddelde kosten voor een Energy Hub in de gebouwde omgeving rond de € 3,7 miljoen.

4. Families - Mobiliteit – Multiplier-analyse

Impact factor

60%

mobiliteit hubs

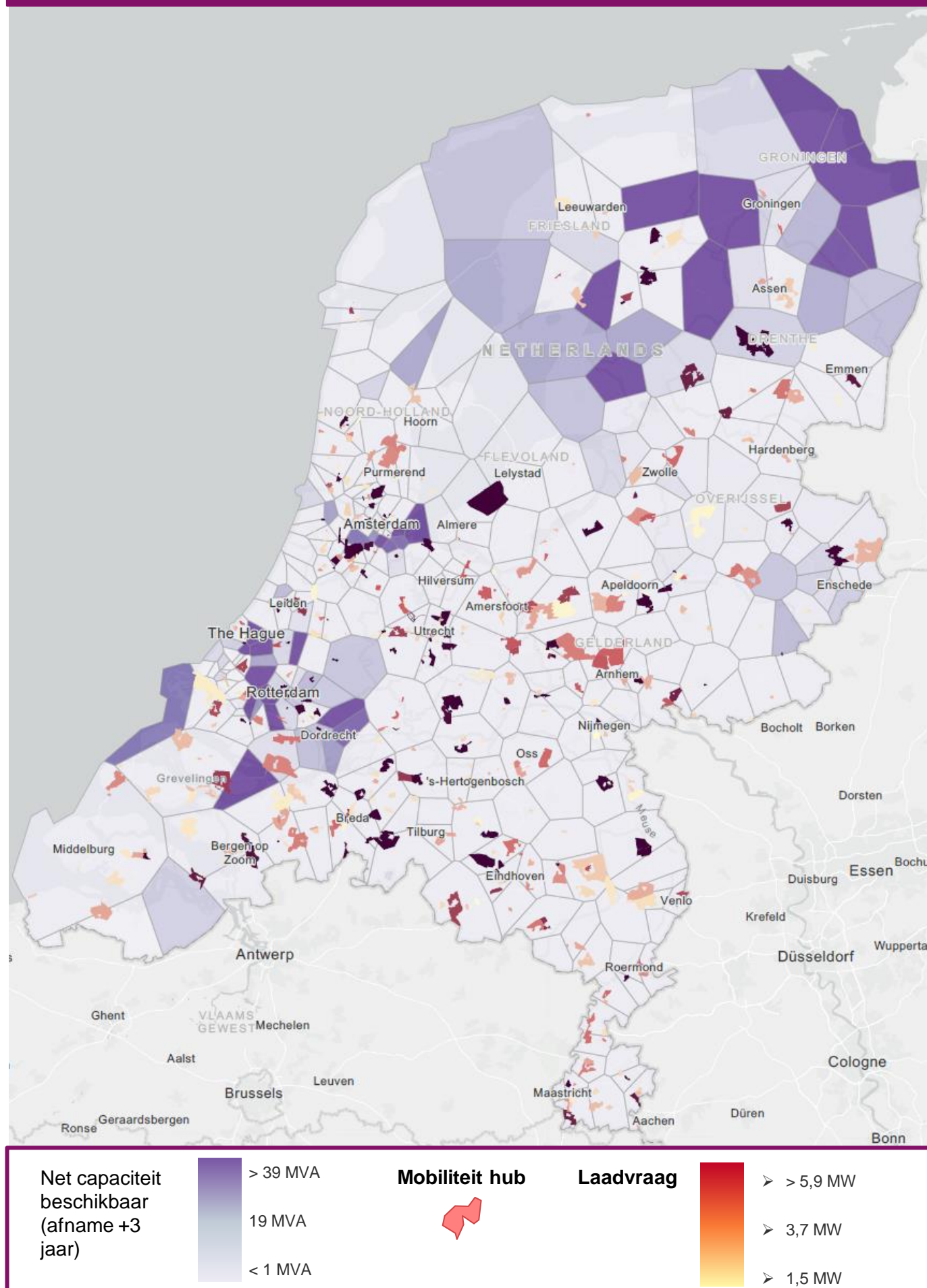
250

Kansrijke regio's

- ❖ Regio Noord Holland Zuid
- ❖ Regio U16
- ❖ Regio West-Brabant

Multiplier-analyse Mobiliteit, score op indicatoren

Kaart 2: Kansrijke locaties Energy Hubs mobiliteit



Indicatoren

Schaalgrootte in Nederland

- Er zijn 250 buurten die uit de analyse worden geïdentificeerd als kansrijk voor een mobiliteit Energy Hub (2% van alle buurten). De regio's waarin de meeste buurten vallen wij weergeven in het staafdiagram.
- De totale piekvermogensvraag van alle mobiliteit Energy Hubs bij elkaar is 375 MW, dit is 6% van de laadvermogensvraag elektrisch wegvervoer in Nederland in 2030.
- Het gemiddelde piekvermogen van de geïdentificeerde Energy Hubs is 3,4 MW.

Er zijn twee categorieën leidend in de vermogens vraag voor mobiliteit hubs: bus depots en snel laadpunten. De vermogensvraag voor deze twee categorieën is samen goed voor 78% van de gemiddelde vermogensvraag van Energy Hubs mobiliteit, zie de cirkeldiagram.

Deze conclusie is gebaseerd op de aanname dat werklaadpunten en thuislaadpunten niet aangestuurd kunnen worden in een mobiliteit Energy Hub. Als deze wel meegenomen kunnen worden verandert de verdeling. Werklaadpunten en thuislaadpunten zouden gemiddeld 16% en 9% van het gemiddelde vermogen opnemen in de verdeling.

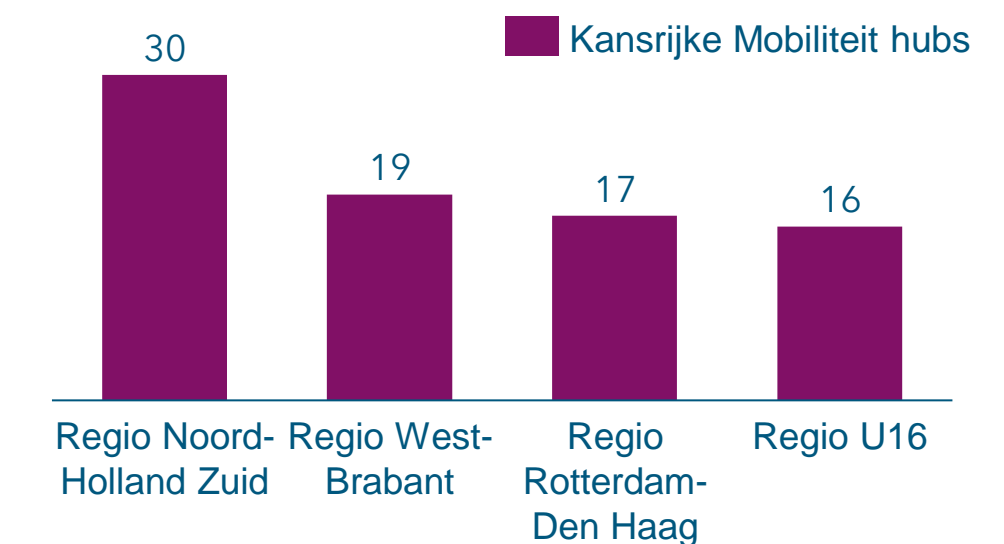
Naast Energy Hubs in het wegvervoer gaan in toenemende mate Energy Hubs in het vervoer over water ontstaan. Het betreft walstroomlocaties waar mogelijk in de toekomst een combinatie ontstaat met energieopslag en de inzet van duurzame brandstoffen. Deze Energy Hub vorm is in de multiplier-analyse niet beschouwd,

Vermeden economische schade

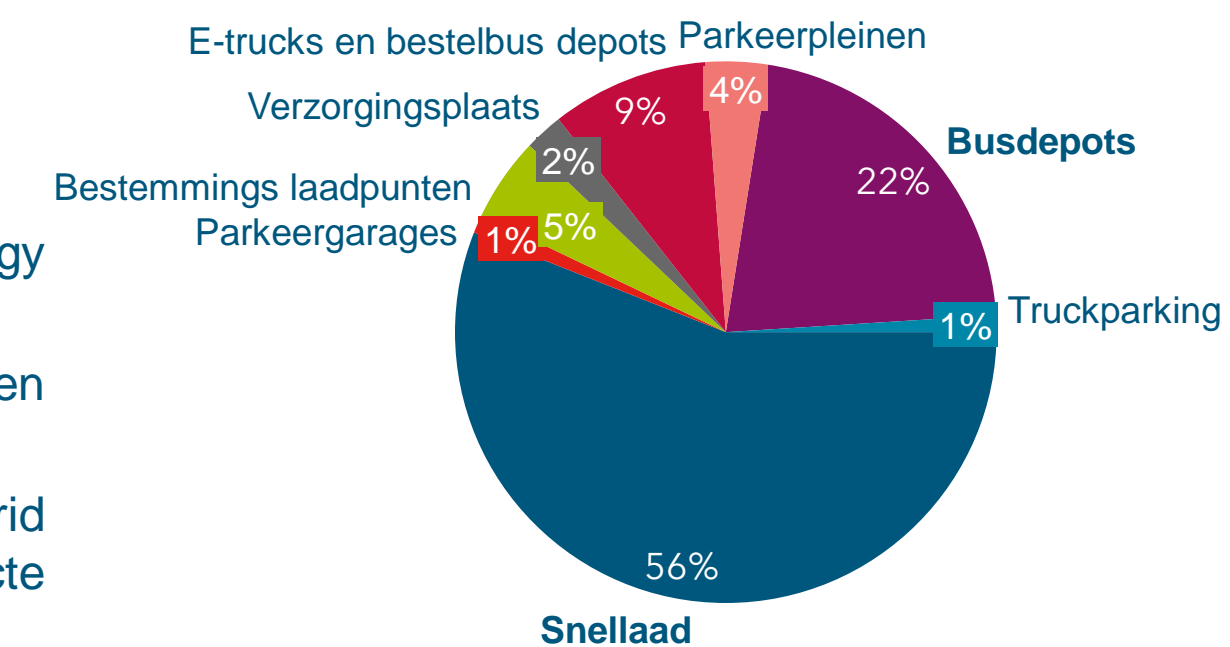
De hoofdcomponenten voor de bepaling van vermeden economische schade door Energy Hubs mobiliteit zijn:

- Realisatie van (snel)laadpalen en de daarbij verdergaande elektrificering van transport en de reductie van CO₂, NO_x en geluidsemissies;
- Realisatie van duurzame opwek in combinatie met batterij opslag en Vehicle2Grid toepassingen zorgt voor een reductie in CO₂ (verdringing van grijze stroom) en directe afname van duurzaam opgewekte elektriciteit;
- Laadvoorspellingen, slimladen en energie opslag en de resulterende reductie in elektriciteitspieken zorgt voor vermeden netinvesteringen.

Aantal kansrijke mobiliteit Energy Hubs per RES regio



Verdeling vermogen mobiliteit Energy Hub



4. Families - Mobiliteit – Multiplier-analyse

Impact factor

60%

Piek reductie

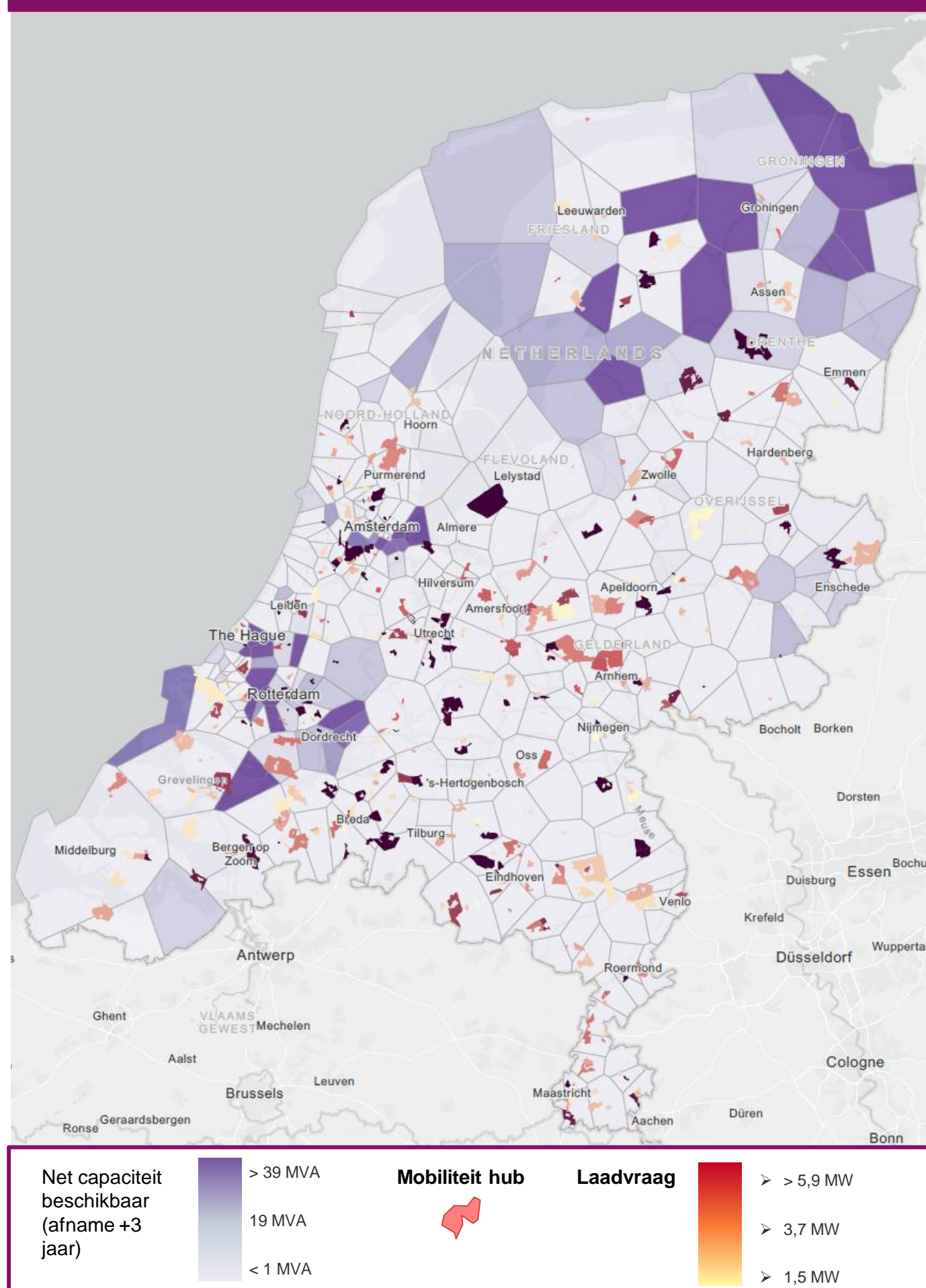
375 MW

Kansrijke regio's

- ❖ Regio Noord Holland Zuid
- ❖ Regio U16
- ❖ Regio West-Brabant

Multiplier-analyse Mobiliteit, omvang van de effecten

Kaart 2: Kansrijke locaties Energy Hubs mobiliteit



Reductie piekbelasting elektriciteit

Het vermeden risico op netcongestie is berekend door voor de mobiliteit hubs de verwachte vermogens vraag in 2030 te vergelijken met de huidige vermogens vraag.

De vermogensvraag die wordt vergeleken is de gesommeerde vermogensvraag van laad categorieën die collectief mogelijk zijn:

- Truckparkings,
- Parkeerpleinen,
- Bus depots,
- Parkeergarages,
- Snel laad punten,
- Verzorgingspleinen,
- Truckdepots
- Bestemmingslaadpunten.

De totale extra laadvraag van mobiliteit hubs in gebieden die op afname net-congestie veroorzaken is **375 MW**.

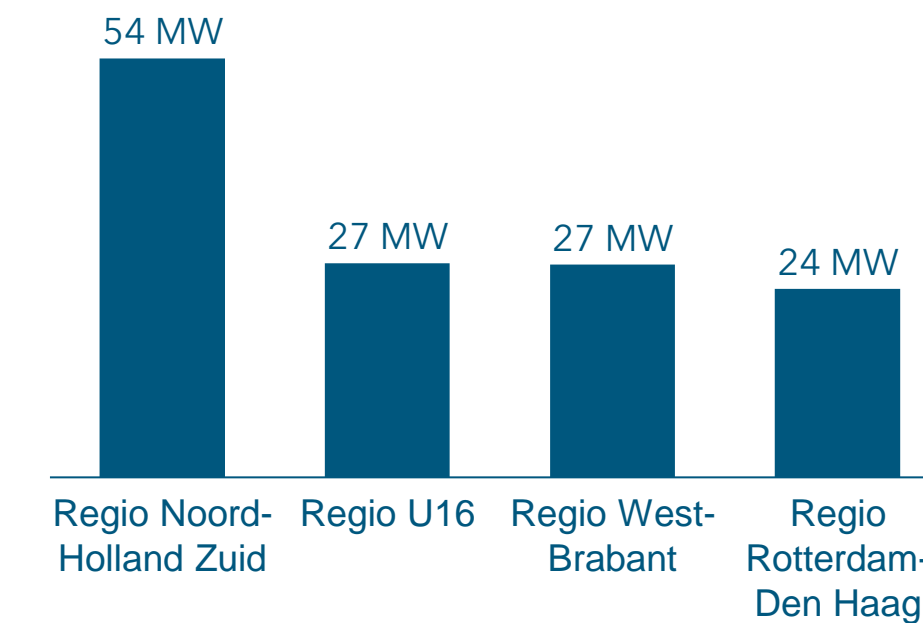
In de analyse voor mobiliteit hubs is er gekozen om de laadvraag van thuis en werklaadpunten niet mee te nemen. Deze worden wel meegenomen in de gebouwde omgeving en bedrijventerrein families respectievelijk.

Vermeden CO₂ reductie

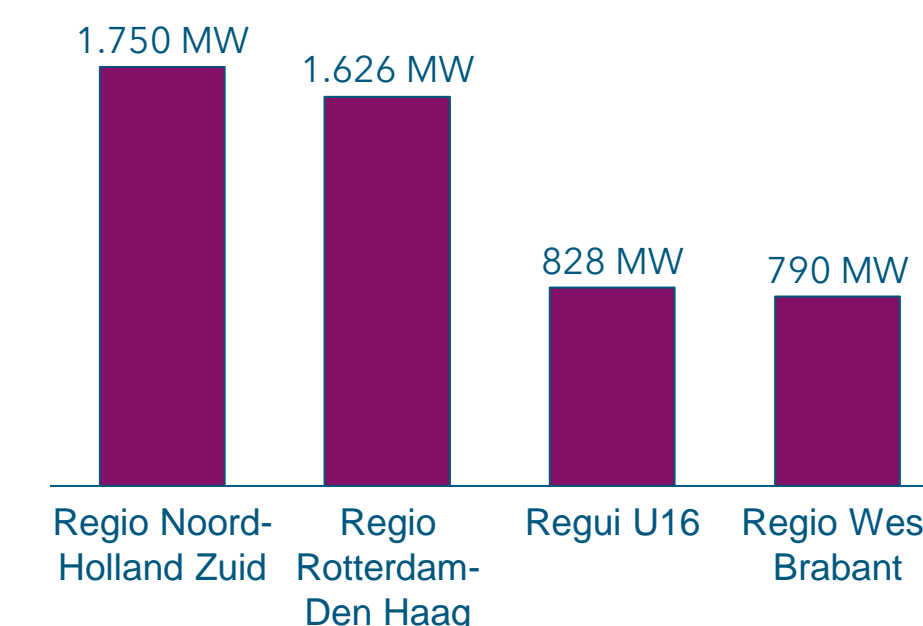
In deze studie is er voor gekozen om niet de CO₂ reductie van mobiliteit hubs te beschrijven. Dit zou eventueel kunnen door het extra elektriciteitsverbruik te vergelijken met fossiele brandstoffen. Volgens onze berekeningen zou er 0,2 TWh per jaar aan elektriciteit extra verbruikt worden op de mobiliteit hubs door de verwachte laadvraag.

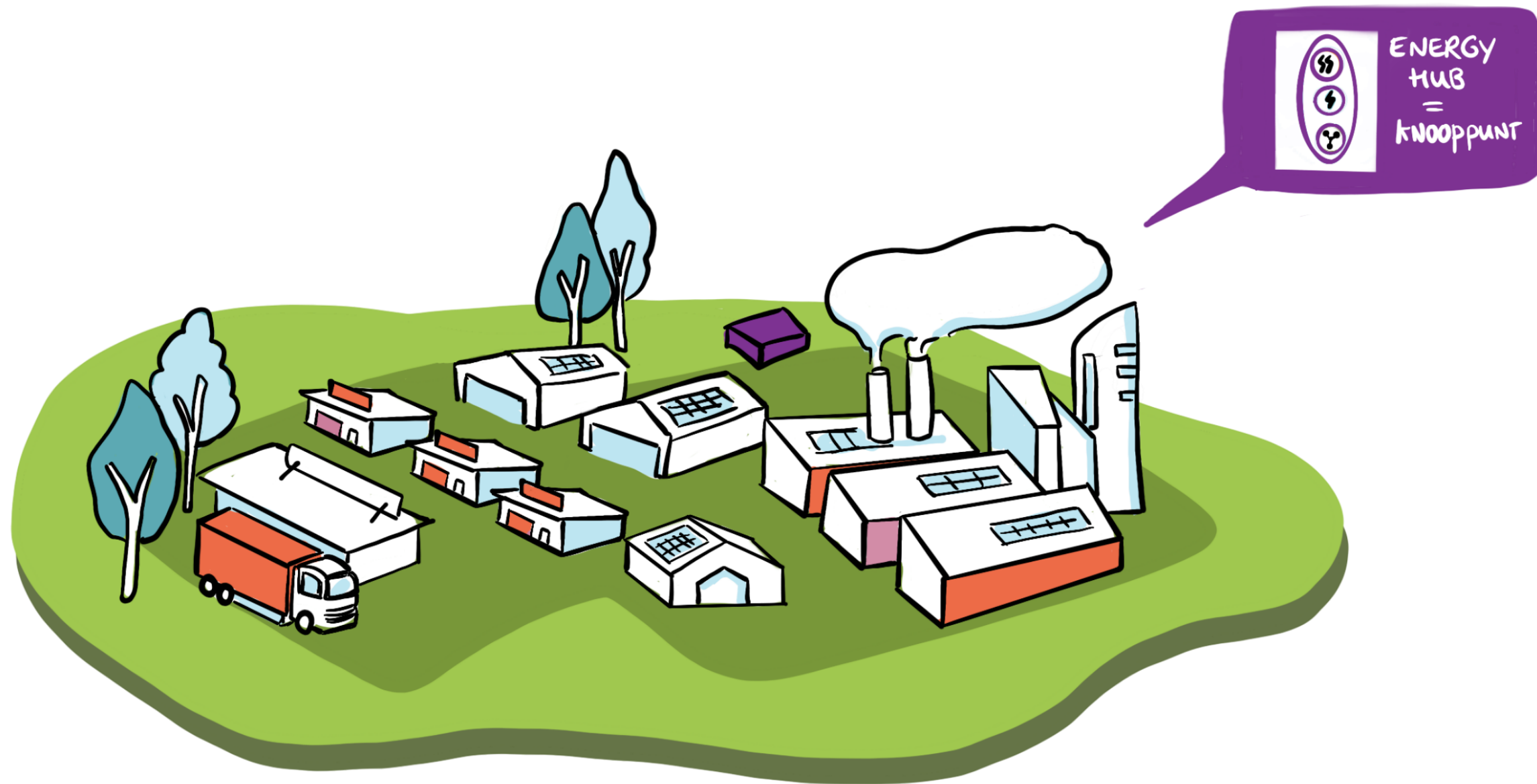
Deze stap zou in een vervolg onderzoek wel goed te berekenen zijn.

Reductie piekbelasting door realisatie mobiliteit hubs (MW)



Totale laadvraag 2030 (MW)





Bedrijventerreinen

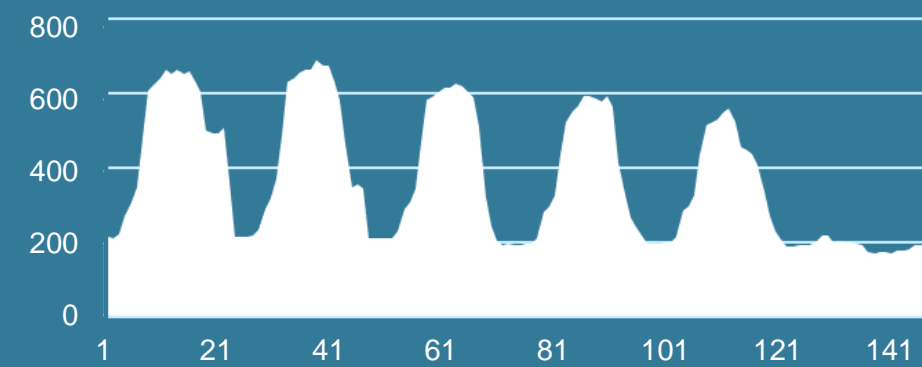
4. Families - Bedrijventerreinen - Energiesysteem

Bedrijventerreinen

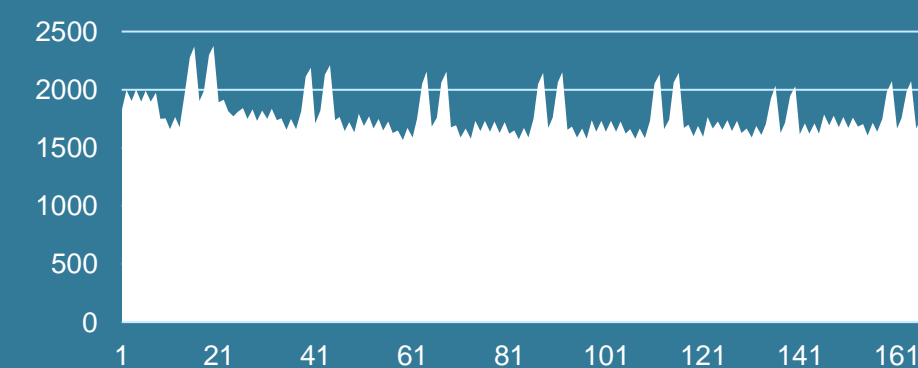
Basisbeschrijving

- ⚡ • Bedrijven terreinen met een elektriciteitsverbruik van minimaal **12 GWh/jr** en een CO₂-uitstoot van 2,2 kt/jr
- 🏠 • Een oppervlakte van minimaal 75 ha of een hoge energie intensiteit **van 400 MWh/ha of meer**
- ☀️ • Energie afname en opwek piek overdag, zie figuren weekpatroon met hoge en lage basislastvraag
- 🏭 • Mix tussen kantoren en industrie
- 🚚 • Parkeerplaatsen
- ☀️ • Bedrijven hebben veelal zonPV op dak
- 👥 • Park management verbindt bedrijven

Lage basislast, productie met pieken



Hoge basislast, continu bedrijf



Transformeren van bedrijventerreinen naar duurzame energie knooppunten

Energy hubs hebben tot nu toe met name een rol gespeeld bij het transformeren van bedrijventerreinen tot knooppunten voor beter benutting van duurzame energie. Hierbij ligt de nadruk op middelgrote en grote bedrijventerreinen met een minimale verbruik van 12 GWh per jaar of een oppervlakte van meer dan 75 hectare. Aspecten hierbij zijn:

- **Hoog Urgentieniveau:** Bedrijventerreinen ervaren netcongestie. De verduurzaming, elektrificatie en uitbreiding van kernactiviteiten stagneren. Dit urgente probleem vereist innovatieve oplossingen, zoals Energy Hubs.
- **Toepassingsgebied:** Energy Hubs zijn relevant voor bedrijventerreinen met grootschalige eigen energieopwekking. Denk aan centrales, afvalverbrandingsinstallaties en warmtekrachtkoppeling eenheden (WKK's) in de industrie.
- **Doelgroep:** De belanghebbenden voor deze Energy Hubs zijn de bedrijven die zich op deze terreinen bevinden, parkmanagement en de betrokken gemeenten.

Energieverbruik

- Op bedrijventerreinen wordt een **wisselend patroon in energieverbruik** gemeten. Tijdens werk- en productie-uren neemt het energieverbruik toe en aan het einde van de dag neemt het weer af.

- **Temperatuur en seizoenen hebben een beperkte invloed.** In koude maanden wordt meer energie verbruikt voor verwarming van gebouwen terwijl in de zomer meer energie wordt gebruikt voor koeling van gebouwen. Verwarmingssystemen en airconditioning spelen hierbij een rol.

Infrastructuurelementen

- **Elektriciteitsnetwerk:** Energy Hubs kunnen het elektriciteitsnetwerk beïnvloeden, vooral als ze grootschalige energieopwekking en -distributie omvatten. Dit kan leiden tot veranderingen in de belasting op het middenspannings- en hoogspanningsnet.
- **Warmtenetten:** Als deze Energy Hubs over een structureel aanbod van restwarmte beschikken dan laat dit zich inzetten bij warmtenetten. Warmteoverdrachtssystemen moeten worden aangepast om de warmte van de Energy Hub naar omliggende gebouwen of woonwijken te transporteren.
- **Gasnetwerken:** Des te meer elektrificatie er plaatsvindt op het bedrijventerrein door netcongestievermindering m.b.v. Energy Hubs, des te minder intensief het gasnetwerk gebruikt wordt. Uiteindelijk is uitfasering van aardgas het gevolg.
- **Opslagfaciliteiten:** Als Energy Hubs energieopslag omvatten (bijvoorbeeld batterijen), moeten er geschikte opslagfaciliteiten worden gebouwd en geïntegreerd in het energiesysteem

4. Families – Bedrijventerreinen - Energiesysteem

Bedrijventerreinen

Nu-2030

Op korte termijn zullen **bedrijventerreinen (moeten) overstappen op duurzame energiebronnen**, zoals zonne-energie, windenergie en duurzame warmtekrachtkoppeling. Hiermee verminderen ze de uitstoot van CO₂ die anders onder anders zou ontstaan door o.a. gasverbruik. Deze transitie brengt ook uitdagingen met zich mee, waaronder netcongestie.

Naast wetgeving die bedrijven aanspoort tot energiebesparing en verduurzaming, speelt netcongestie een belangrijke rol bij het aanpassen van de energiehuishouding van bedrijven. **Bedrijventerreinen die overschakelen naar duurzame energie kunnen het elektriciteitsnet overbelasten.** Dit kan leiden tot problemen zoals toenemende piekbelasting, spanningsdalingen en beperkte capaciteit. Daaropvolgend moeten netbeheerders deze uitdagingen aanpakken om een stabiele energievoorziening te waarborgen.

Energy Hubs verbeteren de energiebenutting bij bedrijfsterreinen: Energy Hubs fungeren als knooppunten voor energieopwekking, -opslag en -distributie. Ze kunnen overtollige energie opslaan en efficiënt verdelen over de aangesloten bedrijven. Zo wordt netcongestie verminderd en wordt duurzame energie optimaal benut.


Richting 2050

Bedrijventerreinen zullen moeten meegaan in deze transitie om hun ecologische voetafdruk te verkleinen en bij te dragen aan klimaatdoelstellingen. In 2050 is dat door op een volledige duurzame energievoorziening te draaien. Verduurzaming van bedrijventerreinen is niet alleen een milieukwestie, maar ook een economische en technische uitdaging. Het vereist investeringen in nieuwe technologieën en infrastructuur.

Energy Hub bouwstenen

Hoge-temperatuur warmteopslag, maakt het mogelijk om overtollige warmte op te slaan. Dit kan afkomstig zijn van industriële processen, zonnecollectoren of andere bronnen. **Biofuels en waterstof** zijn duurzame alternatieven voor traditionele brandstoffen. Generatoren die deze brandstoffen omzetten in elektriciteit kunnen een belangrijke rol spelen in lokale energieopwekking. **WKO-systemen** gebruiken de bodem als opslagmedium voor warmte en koude. Ze vangen seizoensgebonden schommelingen in energievraag en -aanbod op. Bedrijventerreinen kunnen warmte terugwinnen uit industriële processen, datacenters of andere bronnen. Deze warmte wordt dan elders gebruikt, bijvoorbeeld voor verwarming van gebouwen. **Batterijopslagsystemen** slaan overtollige elektriciteit opslaan tijdens zonnige perioden en deze 's nachts of op bewolkte dagen weer vrijgeven.

Trends

-  • Elektrificatie korte termijn: **Lage temperatuur processen, ruimte verwarming, EV's en bestelbussen, stoom.**
-  • Elektrificatie lange termijn: **hoge temperatuur processen en zwaar transport**
-  • **De-carbonisatie** van de industrie
-  • Netcongestie weerhoudt **verdere de-carbonisatie en duurzame E-opwek.**
-  • Bedrijven kunnen niet verder groeien, of nieuwe bedrijven kunnen geen aansluiting krijgen door netcongestie

Knelpunten / Koppelkansen

-  Groot aantal stakeholders
-  Bestaand parkmanagement
-  Beschikbare restwarmte
-  Collectieve laadpleinen
-  zonPV op dak
-  Flex. in productie proces

Energy Hub bouwstenen



4. Families – Bedrijventerreinen – Organisatie en governance

Bedrijventerreinen: Nu-2030

Organisatie

1. Wat is het karakter van de samenwerking?



Het karakter van de samenwerking hangt in deze familie nauw samen met de opgave. Als de opgave sec het verminderen van netcongestie is, dan is de samenwerking meer transactioneel. Concrete afspraken met elkaar, efficiëntie, korte termijn staan voorop.

2. Is het doel gezamenlijk optimaliseren of innoveren?



Gezamenlijk innoveren staat centraal. Het gaat dan om het op elkaar afstemmen van de bedrijfsprocessen op basis van het delen van data, veelal ook het inpassen van opslag en mogelijk ook conversie tussen energiedragers.

3. Staat het uitwisselen of delen van data, kennis en/of assets centraal?



Het delen van verbruiksgegevens en beschikbare netcapaciteit staat centraal. Ook van belang zijn afspraken over uit- en toetreding.

4. Wat zijn de sleutelrollen?



Een sleutelrol ligt bij de ESCo, de partij die energiediensten levert. In de praktijk kan de parkmanager dit doen. Daarnaast is een belangrijke rol die van aggregator (indien sprake van een hub als “spons” of “bron”), dit om beschikbare flexibiliteit in de markt te zetten. Daarbij aansluitend heeft de netbeheerders een sleutelrol. Hiermee moeten contracten worden afgesloten voor gezamenlijk gebruik van het elektriciteitsnet.

5. Hoe is de fit tussen de strategische dimensies van de samenwerking?



Zie slide 48.

6. Welke grondvorm van samenwerking?



Voor de meeste bedrijventerreinen zal dit transactionele grondvorm dan wel de functionele grondvorm zijn.

Governance

1. In hoeverre moet er consensus zijn over het doel van de samenwerking? En met de omgeving?



Tussen de deelnemende partijen moet er consensus over het doel van de samenwerking zijn. Het is van belang dat de regionale netbeheerders ook de meerwaarde van dit doel onderschrijft.

2. Bij welke partij zou het eigenaarschap moeten liggen?



Idealiter bij de gezamenlijke deelnemers aan de hub. Het actieve trekkerschap kan uitbesteed worden aan het parkmanagement of aan de ESCo.

3. Hoe selecteer je wie je moet betrekken?



Partijen worden geselecteerd op basis van hun aantoonbare meerwaarde voor de Energy Hub. Gezien het belang van het nauwgezet delen van data en het opbouwen van vertrouwen in de samenwerking, is een culturele match ook van belang.

4. Welke publiek sturingsarrangement moet centraal staan?



Sturing vanuit de betrokken partijen op het bedrijventerrein staat centraal (marktsturing). Publieke sturing vanuit de overheid is in hoofdzaak vanuit faciliteren van de samenwerking tussen deze partijen. Daarbij kan er wel gestuurd worden op het maatschappelijk prioriteren van de benodigde uitbreidingen van netinfra (bijv. via de pMIEK).

4. Families – Bedrijventerreinen - Juridisch

Bedrijventerreinen: Nu-2030

Juridisch



1. Welk gemeenschappelijk doel dient juridisch geborgd te worden?

Het opwekken, opslaan, omzetten en het verbruiken van energie binnen het bedrijventerrein die als hub fungeert. De deelnemers in de hub verhandelen onderling overschotten aan (zelf opgewekte) energie en stemmen vraag en aanbod van energie zoveel mogelijk af, waardoor het netcongestieprobleem afneemt.

2. Wie zijn de betrokken partijen bij dit gemeenschappelijke doel en hoe zijn de onderlinge verhoudingen?



De betrokken partijen zijn hier de bedrijven op het bedrijventerrein (hoofdzakelijk grootverbruikers > 100 kW) de netbeheerders en een energiepartner (Energy Service Company bijv.) De onderlinge verhoudingen worden gekenmerkt door een sterke mate van gelijkheid.

3. Welke juridische samenwerkingsvorm past het beste bij het gezamenlijke doel van de hub binnen deze familie?



In de realisatiefase staat de contractuele samenwerkingsvorm (samenwerkingsovereenkomst) centraal. Het doel is vraag en aanbod van energie binnen de bedrijven in de hub onderling afstemmen t.b.v. het onderlinge gebruik en verhandeling daarvan. Kernpunten zijn:

- Inrichten/oprichten (digitaal) platform t.b.v. afstemming vraag/aanbod.
- Inzicht in kosten benodigde aanpassingen (bijv. transportcapaciteit)
- Verder zijn van belang de (onderlinge) verdeling van ontwikkelkosten, toe-en uittreding, betaling, planning en leverings-/gebruiksvoorwaarden.

4. Families – Bedrijventerreinen – Organisatie, governance en juridisch

Bedrijventerreinen: 2030-2050

Organisatie



- De eisen die aan de organisatie van de Energy Hub worden gesteld zullen sterk toenemen. In 2050 moet de energievoorziening klimaatneutraal zijn. Dit vereist een voortdurende innovatie van de samenwerking met de partners in de hub, Denk aan de afhankelijkheid van gedeelde assets zoals batterijopslag.

Governance



- De omgeving zal hogere eisen gaan stellen aan bedrijventerreinen, zoals bij het terugwinnen van warmte uit industriële processen of datacenters. Steeds vaker zal dit een harde eis worden voor een verdere groei. Dit vraagt om het in samenwerking met de omgeving ontwikkelen van een visie en het aan gaan van lange termijn samenwerkingsafspraken.

Juridisch

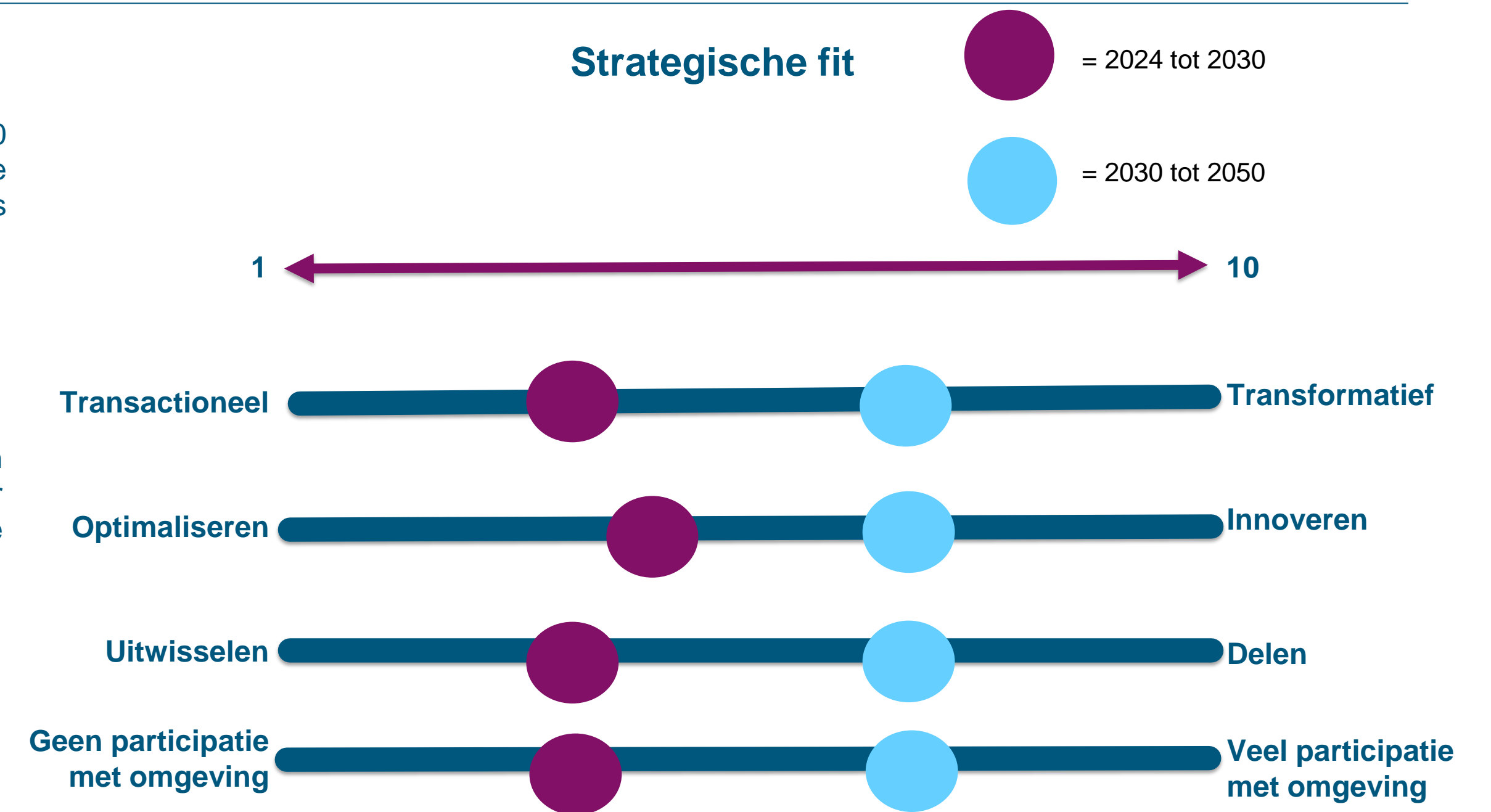
Exploitatiefase

- Tijdens deze fase:** oprichting exploitatie-entiteit. NB: Een deskundige balancing partner (een BV), die t.b.v. van de leden van coöperatie de hub exploiteert in de exploitatiefase.

- Doel:** het stabiel functioneren van de hub vanaf ingebruikname over de afgesproken termijn/periode (bijv. 30 jaar).

Kernpunten:

- Zeggenschap; winst- en risico;
- Gebruiks-/leveringsvoorwaarden/capaciteit
- Overig: toe- en uittreding, onderhoud/storingsopvolging



Toelichting op verschuiving in strategische fit

Voor de komende jaren ligt het accent nog wel op een transactionele vorm van samenwerken. Gezien de urgentie van netcongestie is er wel relatief veel aandacht voor innovatie, ook tussen de bedrijven op de hub. Een sleutelrol ligt bij de ESCo, de partij die energiediensten levert. In de praktijk kan de parkmanager dit ook doen. De eisen die aan de organisatie van de Energy Hub worden gesteld zullen sterk toenemen. In 2050 moet de energievoorziening klimaatneutraal zijn. Dit vereist een voortdurende innovatie van de samenwerking met de partners in de hub. Denk aan de afhankelijkheid van gedeelde assets zoals batterijopslag. Indien de impact op de omgeving groter wordt, bijvoorbeeld door betrekken van duurzame opgewekte energie uit omgeving, dan wordt het betrekken van stakeholders belangrijker.

4. Families – Bedrijventerreinen – Multiplier-analyse

Methode bedrijventerreinen en resultaten

Filterstappen

De analyse is op het schaalniveau van een bedrijventerrein en omvatten een aantal filterstappen, zie figuur 5:

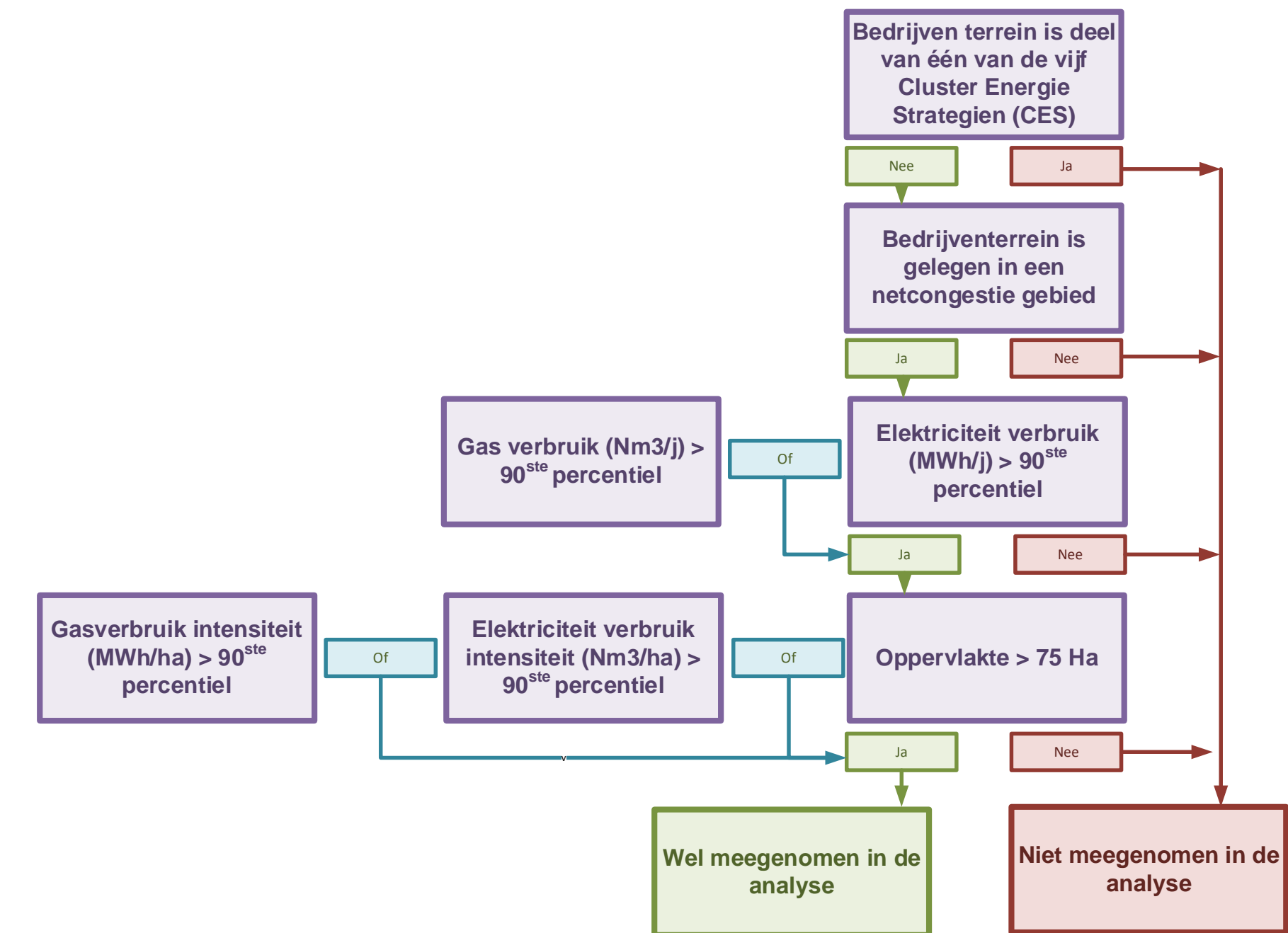
- De filterstappen zorgen voor een lijst bedrijventerreinen met een significant en gevarieerd energieverbruik, deze bedrijventerreinen hebben namelijk de meeste impact hebben op het regionale energiesysteem. Ook zijn er genoeg mogelijkheden voor Energy Hub bouwstenen, maar worden de energie intensieve bedrijventerreinen, zoals bijvoorbeeld havens niet uitgesloten.
- De bedrijven liggen in een gebied waar netcongestie is op afname in de komende jaren (+3 jaar). Dit is berekend door de elektriciteitspiek die nodig is na elektrificatie te vergelijken met de ruimte op het net voor afname per midden spanningsgebied.

Resultaten data analyse voor bedrijventerreinen

De resultaten uit onderstaande tabel hebben betrekking op de 349 bedrijventerreinen die uit de filter analyse worden aangemerkt.

Tabel 7: Significante waarden voor bedrijventerreinen

	Min	Max	Gemiddeld	
Oppervlakte gebied		2,0	533	72 ha
Laadvraag		-	15	2 MW
Elektra piek huidig		0,3	54	6 MWp
Elektra piek BaU		0,3	42	5 MWp
Elektra piek na elektrificatie		0,6	69	10 MWp
Elektra jaarverbruik huidig	2.163	236.720	28.077	MWh/j
Elektra jaarverbruik BaU	1.738	185.268	22.030	MWh/j
Elektra jaarverbruik na elektrificatie	2.316	299.202	36.839	MWh/j
Gas jaarverbruik huidig	1.234	2.076.933	132.252	GJ/j
Gas jaarverbruik BaU	940	1.580.877	110.082	GJ/j
Gas jaarverbruik na elektrificatie	99	264.347	20.993	GJ/j




Figuur 8: Schematisch overzicht filterstappen bedrijventerreinen

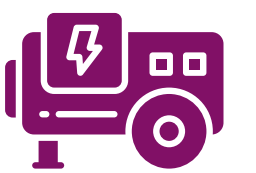
Voorbeeld scenario Energy Hub

In de onderstaande tabel zijn twee resultaten weergegeven die worden gebruikt om een indicatie te geven voor een soort energy hub scenario. Het scenario kan gezien worden als een **worst case scenario voor een energy hub**: Er is geen flex capaciteit, of lokale opwek mogelijk. De volledige piek moet worden opgevangen door een batterij met een generator, of WKK, als back-up

- Het back-up vermogen is berekend op de piek die nodig is (tov BaU) voor volledige elektrificatie.
- De batterij biedt genoeg opslag op basis van het jaar gemiddelde stroom verbruik na elektrificatie voor 40% van de dag (RHDHV ervaring getal).

Batterij

10 MWh

Gemiddeld "worst case" scenario voor een bedrijventerrein energy hub

Back-up

3 MW

- Uitgaande van een kosteninschatting van 300 €/kWh voor batterijen (NREL, 2021) en 2.000 €/kW voor een aggregaat (EIA, 2022). Zijn de gemiddelde kosten voor een Energy Hub in de gebouwde omgeving rond de € 8,8 miljoen.

4. Families - Bedrijventerreinen - Multiplier-analyse

Impact factor

82% tot 92%

bedrijventerreinen hubs

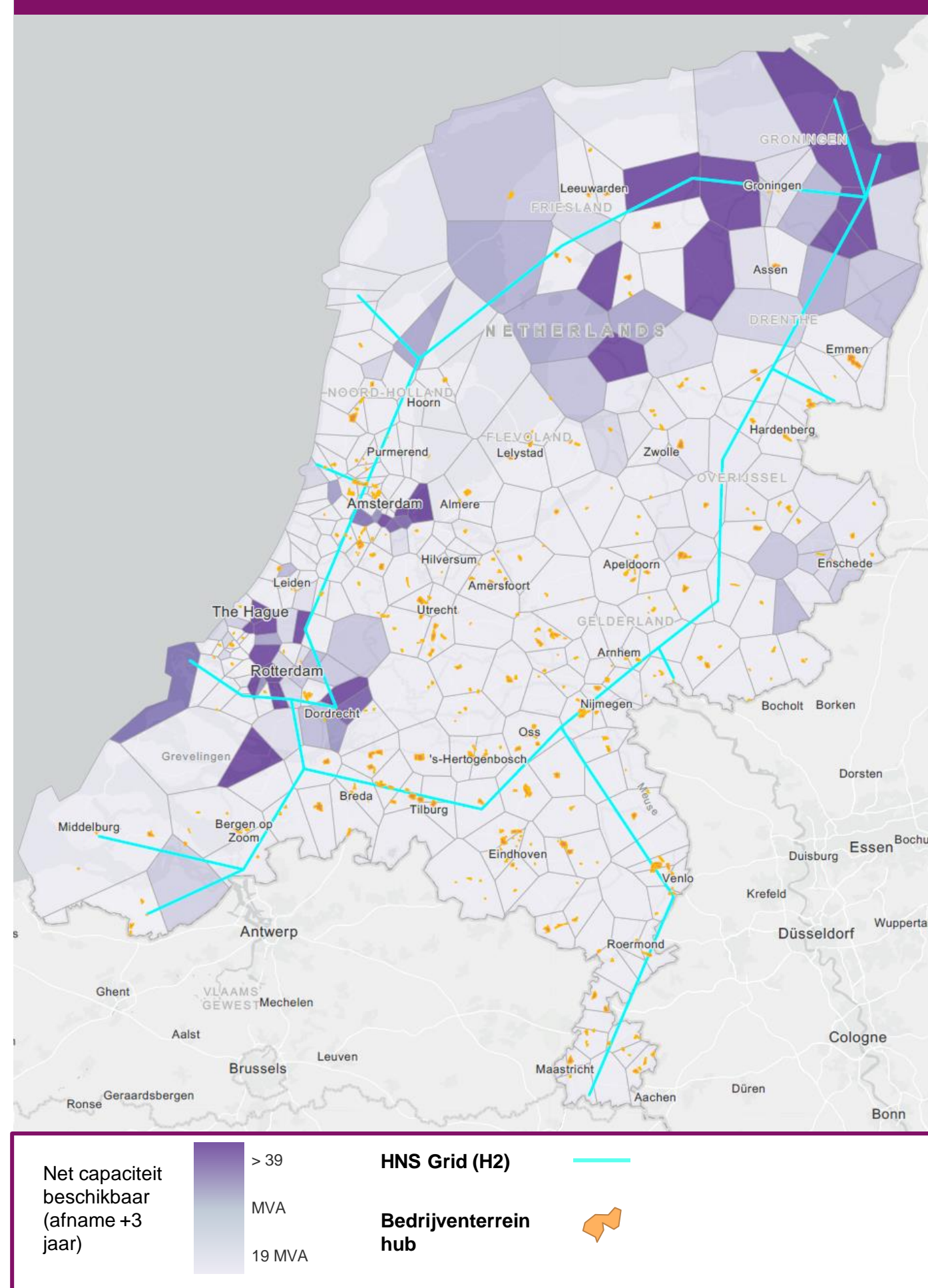
349

Kansrijke regio's

- ❖ Regio Noord Holland Zuid
- ❖ Regio U16
- ❖ Regio West-Brabant

Multiplier-analyse Bedrijventerreinen

Kaart 3: Kansrijke locaties - Bedrijventerreinen



Indicatoren

Schaalgrootte in Nederland

Na filtering blijven 349 bedrijventerreinen over die als kansrijk en impactvol worden gezien voor een Energy Hub. In aantal is dit ongeveer 11% van alle bedrijventerreinen. De regio's met het grootste aantal kansrijke Energy Hub bedrijventerreinen zijn in een staafdiagram weergegeven (boven). De impact die elektrificatie van deze bedrijventerreinen gaat hebben op het elektriciteitsverbruik en het piekvermogen is weergegeven in de staafdiagrammen.

- Het huidige totale gasverbruik van deze bedrijventerreinen is 65 PJ
- Het huidige totale elektriciteitsverbruik van deze bedrijven is 12 TWh per jaar
- Het berekende elektriciteitsverbruik in het BaU scenario, met besparing maar zonder elektrificatie, is 9,5 TWh per jaar.
- Het berekende elektriciteitsverbruik van de bedrijven terreinen na elektrificatie is 23 TWh/jaar.

Vermeden economische schade

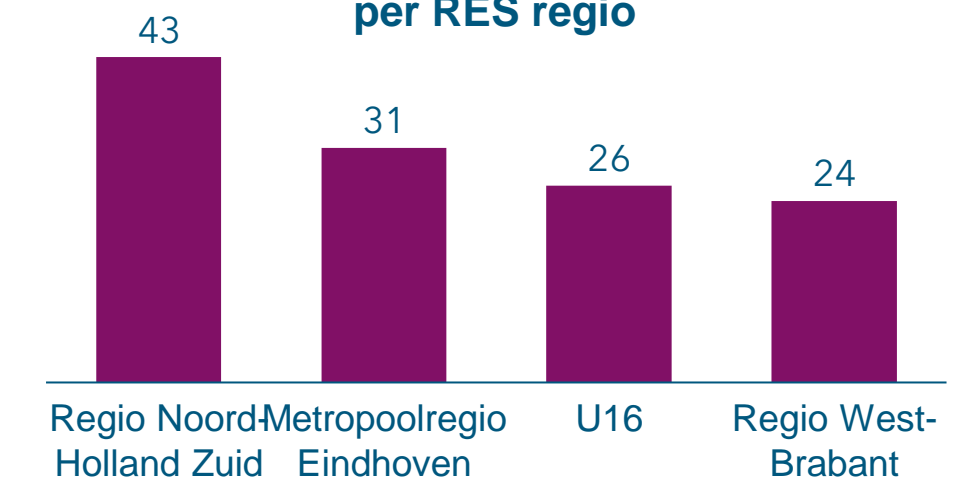
De hoofdcomponenten voor het bepalen van vermeden economische schade voor bedrijventerreinen door de realisatie van een energie hub zijn:

- Vergaande elektrificering en de reductie van CO₂ en NO_x
- De verdringing van CO₂ emissies van fossiel opgewekte elektriciteit door de realisatie van duurzame opwek (door de economische incentive).
- Het wegnemen van de belemmering van laadpalen en warmtepompen en de daarbij behorende reductie van CO₂ emissies (transport en warmte opwek).

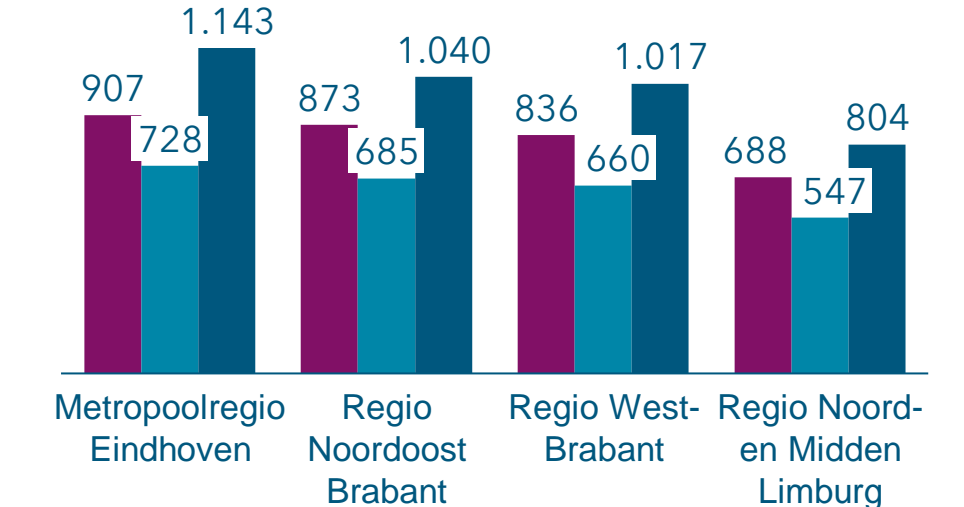
Toegevoegde economische schade

- CO₂, NO_x, en geluidsemissie door inzet van aggregaten / WKK's voor opvang elektriciteitspiek Energy Hub, voor zover dat niet lukt met energieopslag.

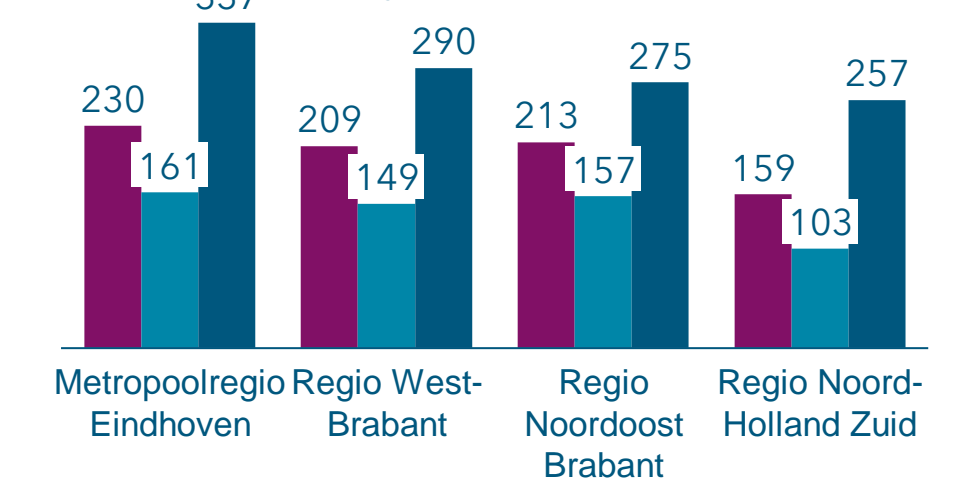
Aantal bedrijventerreinen uit filters per RES regio



Elektriciteitsverbruik, huidig, BaU en na elektrificatie van geselecteerde bedrijventerreinen (GWh/jaar)



Elektriciteit piek, huidig, BaU en na elektrificatie van geselecteerde bedrijventerreinen (MW)



4. Families - Bedrijventerreinen - Multiplier-analyse

Impact factor

82% tot 92%

CO₂ reductie

0,8 tot 1,8 Mton CO₂

Piek reductie

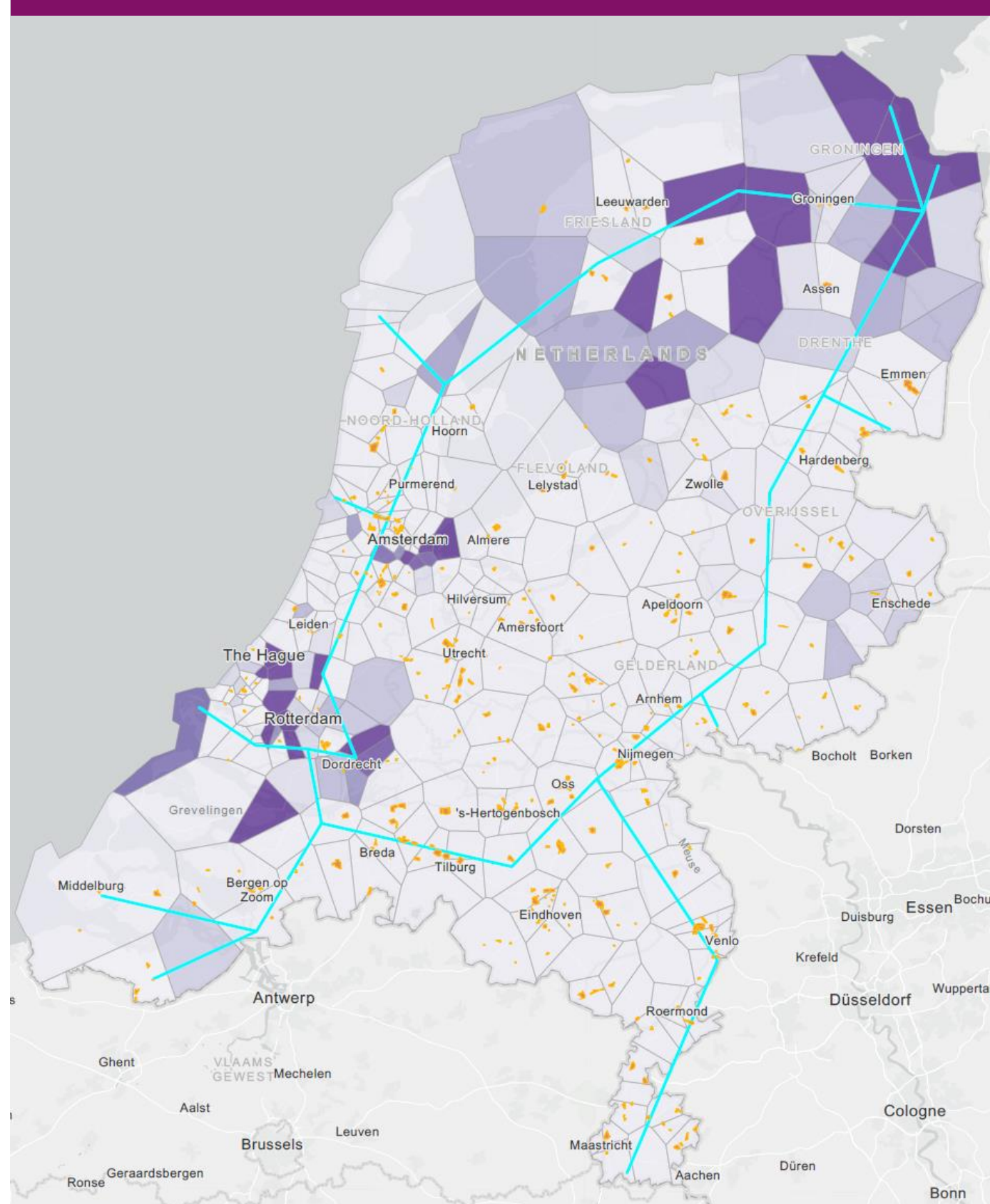
1.092 MW

Kansrijke regio's

- ❖ Regio Friesland
- ❖ Metropoolregio Eindhoven
- ❖ Regio West-Overijssel

Multiplier-analyse Bedrijventerreinen

Kaart 3: Kansrijke locaties - bbedrijventerreinen



Vermeden CO₂

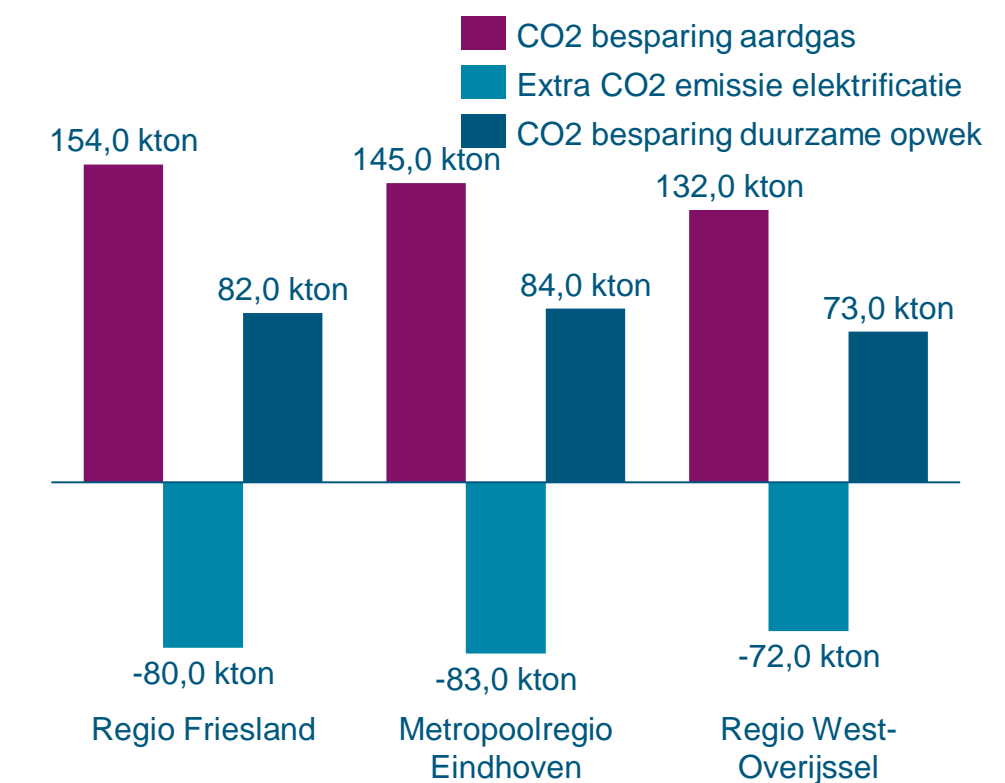
- In deze context wordt de CO₂-uitstoot voornamelijk veroorzaakt door toenemende elektrificatie. Een deel van de decarbonisatie op bedrijventerreinen kan worden gerealiseerd zonder netverzwaring, wat zich vertaalt in een BaU-scenario. Het BaU scenario maakt gebruik van 56,4 kg CO₂ /GJ voor aardgas en 0,19 kg CO₂ /kWh¹ elektriciteit, volgens de integrale methode 2025.
- De totale CO₂ reductie die kan worden bereikt door verdere elektrificatie van de 349 geïdentificeerde bedrijventerreinen is **0,8 tot 1,8 Mton** ten opzichte van BaU. De besparing CO₂ is afhankelijk van het aandeel van duurzaam opgewekte elektriciteit dat nodig is voor de elektrificatie.
- Bij verdere verduurzaming van lokale opwek is aangenomen, op basis van voorgaande energy hub projecten, dat maximaal 2/3^e van de extra verbruikte elektriciteit via lokale opwek en batterij opslag voorzien kan worden. De extra besparing van deze opwek is berekend via de referentie park methode 2030: 0,29 kg CO₂/kWh¹.
- De analyse houdt geen rekening met het mogelijke gebruik van groengas of waterstof voor indirecte elektrificatie. Als het resterende gasverbruik wordt verduurzaamd zorgt dit voor een extra **0,4 MT** besparing.

Reductie piek vermogen

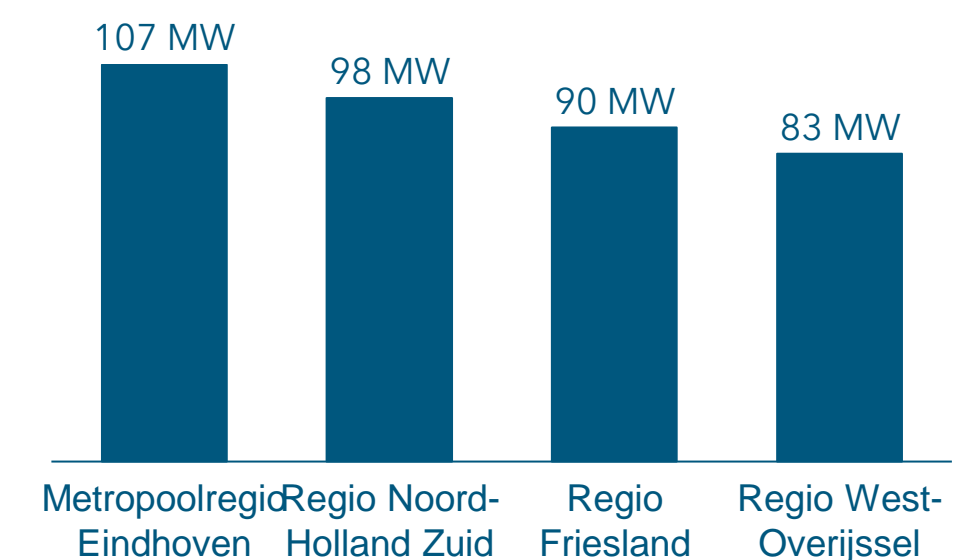
Het vermogen dat deze bedrijventerreinen nodig hebben om verder te elektrificeren wordt in deze studie gezien als mogelijke piekbelasting op het net. De net-congestie zou namelijk anders opgelost moeten worden met verder gaande netverzwaring wat in de gebieden niet voldoende verwacht wordt.

- Voor de 349 bedrijventerreinen zou er in totaal 1.092 MW aan piekreductie gerealiseerd kunnen worden als een energy hub de volledige elektrificatie druk kan opnemen.
- In totaal zou er op de bedrijventerreinen 5,1 TWh elektriciteit extra gebruikt worden voor de elektrificatie, 0,3 TWh voor de extra laadbehoefte.
- In deze berekening wordt geen rekening gehouden met de net-capaciteit die bedrijven al toegekend hebben gekregen maar nog niet gebruiken.

CO₂ emissiereductie per RES regio (kton/jaar)

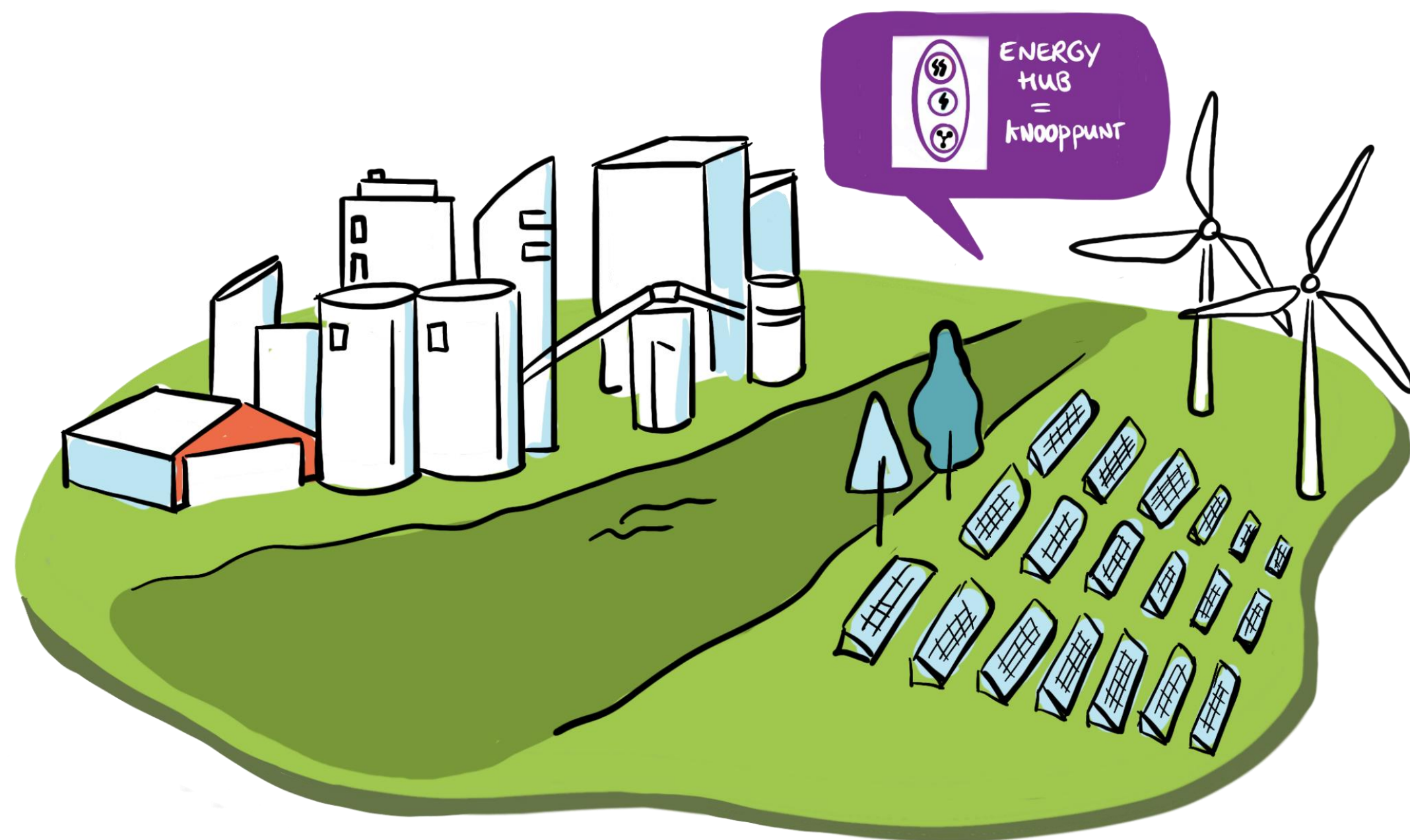


Reductie piek belasting (MW)



Scenario	CO ₂ besparing
Aardgas (WKK), Elektriciteit (net)	0,8 MT
Aardgas (WKK), Elektriciteit (duurzaam)	1,8 MT
Groengas (WKK), Elektriciteit (net)	1,2 MT
Groengas (WKK), Elektriciteit (duurzaam)	2,2 MT

Scenario: Inclusief cluster 6 op bedrijventerreinen	CO ₂ besparing
Aardgas (WKK), Elektriciteit (net)	0,9 MT
Aardgas (WKK), Elektriciteit (duurzaam)	2,2 MT
Groengas (WKK), Elektriciteit (net)	1,8 MT
Groengas (WKK), Elektriciteit (duurzaam)	3,1 MT



Cluster 6 bedrijven

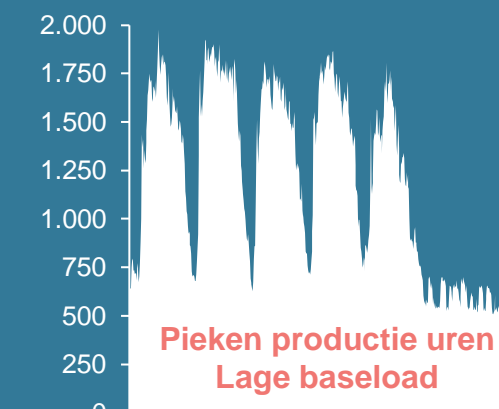
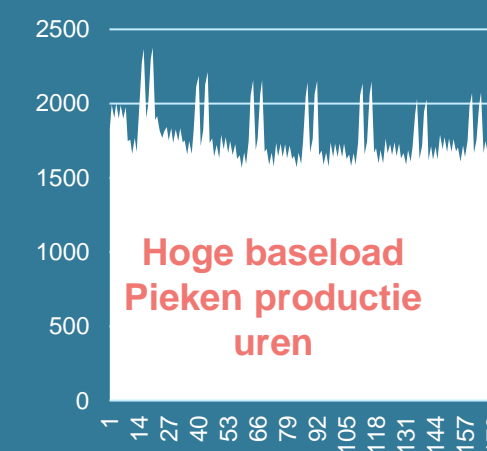
4. Families - Cluster 6 bedrijven - Energiesysteem

Cluster 6 bedrijven: Nu-2030

Basisbeschrijving

- Solitair grootschalig industrieel bedrijf of energiedominante bedrijven op bedrijventerrein.
- Piek elektra verbruik vindt grotendeels plaats tijdens productie uren.
- Mogelijk hoge baseload vanwege continu processen
- Warmte nu veelal opgewekt door gas
- Mogelijk hoge temperatuur processen
- Energie verbruik niet seizoensafhankelijk

Piekuren overdag Daluren tijdens avonduren



Definitie Cluster 6 familie

- **Doelgroep:** Cluster 6 omvat bedrijven in verschillende branches, waaronder de chemie, keramische industrie, papier- en kartonindustrie, voedings- en genotsmiddelenindustrie, afvalverwerkers, datacenters, metallurgische industrie, glasindustrie en olie- en gasexploratie.
- **Toepassingsgebied:** het toepassingsgebied van deze bedrijven is gericht op locaties buiten bedrijventerreinen (solitaire bedrijven) of zeer energiedominante bedrijven op een bedrijventerrein die willen overstappen op duurzame energiebronnen. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van flexibele energietechnieken, al dan niet met meerdere energiedragers, en het benutten van bronnen uit hun directe omgeving.

Bron: <https://www.verduurzamingindustrie.nl/samenwerking/industrieclusters/2589369.aspx?t=Cluster-6>

4. Families - Cluster 6 bedrijven - Energiesysteem

Cluster 6 bedrijven

Nu-2030

Voor bedrijven in cluster 6 is het prioriteit om te de-carboniseren en elektrificeren. Met de steun van klimaatneutrale (netzero) doelstellingen, EED-studies, het ETS-systeem en subsidies streven zij naar verduurzaming. De geïsoleerde ligging van deze bedrijven kan leiden tot hogere kosten voor netverzwaring. Daarnaast worden elektrische piekbelastingen vaak veroorzaakt door het bedrijf zelf, bij gebrek aan andere grote energieverbruikers in de omgeving.

Daarom is het benutten van de lokale omgeving voor directe of indirecte elektrificatie een belangrijke overweging. Indirecte elektrificatie zou bijvoorbeeld kunnen door de productie van (lokaal) biogas, aansluiting op het waterstofnetwerk. Directe elektrificatie in cluster 6 zal voornamelijk worden gerealiseerd door de ruimte in de dunbevolkte omgeving te benutten voor duurzame energieopwekking en deze te koppelen aan de flexibele inzet in cluster 6 bedrijven.

Flexibiliteit in productieprocessen wordt steeds belangrijker en zal de komende jaren in combinatie met energieopslag vaker toegepast worden. Cruciaal hierbij is de interactie met de netbeheerders. Recentelijk is de nadruk gelegd op batterijopslag als prioriteit voor het uitbreiden van netwerkaansluitingen, wat een stimulans kan zijn voor de ontwikkeling van energieopslagfaciliteiten en Energy Hubs. Een bouwsteen die waarschijnlijk ook veel gebruikt zal worden zijn generatoren en WKK's als back-up. Eventueel al bestaande installaties. Deze zullen in een eerste fase ervoor zorgen dat elektrificatie mogelijk is, terwijl de noodzaak tot netverzwaring minimaal blijft.

Richting 2050

Naarmate 2050 nadert, zal technologische vooruitgang de elektrificatie van hoge temperatuur processen (nu nog verbranding) mogelijk maken. Deze processen zullen een toenemende belasting vormen voor het elektriciteitsnetwerk. Verwacht wordt dat tegen die tijd het nationale waterstofnetwerk operationeel is. Bedrijven nabij dit netwerk zullen het benutten voor indirecte elektrificatie. De overige bedrijven binnen cluster 6 maken zoveel mogelijk slim gebruik van lokale duurzame energie bronnen, in combinatie met opslagmogelijkheden om netwerkbepalingen te compenseren. Tegen 2050 zal men opnieuw voor de keuze staan om het netwerk te versterken of de nieuwe vraag naar elektriciteit lokaal te beantwoorden. De cruciale vraag blijft of er lokaal voldoende capaciteit beschikbaar zal zijn om de vereiste piekbelasting op te vangen.

Energy Hub bouwstenen

Waterstof netwerk: zal een rol spelen voor bedrijven die daar in de buurt van liggen.






Batterij opslag: zal steeds vaker worden ingezet, ook als voorwaarde voor grotere aansluitingen.

Gensets/ WKK's (2030): worden na 2030 uit gefaseerd, of inzet met duurzame brandstoffen.

ZonPV op dak en veld: door zoveel mogelijk gebruik te maken van de ruimte om de bedrijven heen.

Hoge temperatuur warmte/stoom opslag: biedt mogelijkheden voor piek vermindering.

Trends

-  • Forse elektrificatie wegens netzero ambities en ETS systeem
-  • Toename in laadinfrastructuur voor woon-werk verkeer en/of logistiek voertuigen
-  • Toename zonPV op daken
-  • Forse pieken bij warmte-intensieve processen een probleem voor elektrificatie en netcongestie
-  • Flexibilisering van industrie en opslag van energie

Knelpunten / Koppelkansen

-  Hoog gasverbruik
-  Eenzijdig energieprofiel
-  Beschikbare ruimte
-  Nabij duurzame opwek
-  Centrale stakeholders
-  Flex. in productieproces

Energy Hub bouwstenen



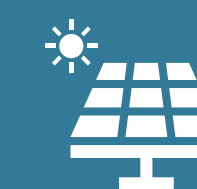
MTO / HTO
warmte
opslag



Restwarmte-
productie



E-opslag



PV op daken
Nabij PV en
windparken



Slimladen
V2G



Generator
Bio-fuels/H2

4. Families - Cluster 6 bedrijven – Organisatie en governance

Cluster 6 bedrijven: Nu tot 2030

Organisatie

1. Wat is het karakter van de samenwerking?



Cluster 6 bedrijf maakt veelal geen onderdeel uit van bedrijventerrein. Uitdaging zit vooral in opvangen pieken bij warmte-intensieve processen. Hiervoor lange termijn contracten afsluiten met leveranciers uit omgeving. Nadruk van de samenwerking ligt de komende jaren nog op transactionele relatie met en focus op concrete afspraken en contracten.



2. Is het doel gezamenlijk optimaliseren of innoveren?

Gezien grote uitdaging om energie-intensieve processen te verduurzamen veel innovatie nodig, zowel bij flexibilisering van productieproces als opslag van energie.



3. Staat het uitwisselen of delen van data, kennis en/of assets centraal?

Het delen van data en kennis staat centraal. Dat is een belangrijk fundament voor het opbouwen van een vertrouwensrelatie met de omgeving. Niet alle cluster 6 bedrijven zijn gewend om in nauwe interactie met de omgeving tot strategische keuzes te komen. Lange tijd was grootschalige, betrouwbare en goedkope energielevering een gegeven. Ook een stabiele relatie met de omgeving was lange tijd een vanzelfsprekendheid, maar de industrie staat in Nederland onder druk in de publieke opinie. Het goed in elkaar verplaatsen qua belangen is cruciaal.



4. Wat zijn de sleutelrollen?

Sleutelrol ligt bij het cluster 6 bedrijf zelf. Wil zij tot afspraken komen met de netbeheerders(s), waarbij zij een deel van haar autonomie op geeft (al dan niet tegen een vergoeding). Denk aan afspraken over congestiemanagement en non-ATO firm. Kan ook gaan om en afspraak met een batterij-exploitant. In hoeverre tonen de eventueel buitenlandse aandeelhouders hiervoor commitment? Verder spelen de regionale netbeheerders en veelal ook TenneT een belangrijke rol. Kunnen en willen zij tijdig inspelen op de benodigde netinvesteringen? Daarbij is mogelijkheid om aan te sluiten op belangrijke infrabackbones een belangrijke strategische asset.



5. Hoe is de fit tussen de strategische dimensies van de samenwerking?

Zie slide 57.



6. Welke grondvorm van samenwerking?

Transactionele grondvorm van samenwerken.

Governance

1. In hoeverre moet er consensus zijn over het doel van de samenwerking? En met de omgeving?



Op korte termijn is dit helder. Het doel is het verminderen van de netcongestie, het cluster 6 bedrijf wil blijven groeien.

2. Bij welke partij zou het eigenaarschap moeten liggen?



Het eigenaarschap ligt primair bij het cluster 6 bedrijf. Neemt niet weg dat gezien de impact op de omgeving ook de netbeheerders en overheden (provincie en gemeente) eigenaarschap moeten ervaren.

3. Hoe selecteer je wie je moet betrekken?



Partijen worden geselecteerd op basis van hun aantoonbare meerwaarde voor de Energy Hub. Gezien het belang van het nauwgezet delen van data en het opbouwen van vertrouwen in de samenwerking, is een culturele match ook van belang.

4. Welke publiek sturingsarrangement moet centraal staan?



Rechtmatige overheid. Gezien de grote impact van de vraag naar energie en mogelijk ook de opwek, moet centraal staan in de publieke sturing op korte termijn welke bijdrage het cluster 6 bedrijf kan leveren aan het verminderen van de netcongestie. Dit zal ook bij wet afgedwongen worden. Ook zal de overheid moeten sturen op het lokaal clusteren van vraag en aanbod.

4. Families - Cluster 6 bedrijven - Juridisch

Cluster 6 bedrijven: Nu tot 2030

Juridisch



1. Welk gemeenschappelijk doel dient juridisch geborgd te worden?

Het opwekken, opslaan, omzetten en het verbruiken van energie binnen het cluster 6 bedrijf die zelfstandig als hub fungeert. Cluster 6 bedrijven die onder het ETS-regime vallen, zullen in 2040 klimaatneutraal moeten zijn.

2. Wie zijn de betrokken partijen bij dit gemeenschappelijke doel en hoe zijn de onderlinge verhoudingen?



Het cluster 6 bedrijf, netbeheerders, bevoegd gezag en nabije groot-/kleinverbruikers (als belanghebbenden) die direct geraakt worden door de hoge netcapaciteit die bij de verduurzamingsopgave van het cluster 6 bedrijf hoort. Gelet op de dominante rol van het cluster 6 bedrijf m.b.t. een groeiende netcapaciteit, is hier doorgaans sprake van grote onderlinge ongelijkheid.

3. Welke juridische samenwerkingsvorm past het beste bij het gezamenlijke doel van de hub binnen deze familie?

Gezien de grote impact op de omgeving van een cluster 6 bedrijf, kent de realisatiefase wellicht een langere doorlooptijd dan 2030. De contractuele samenwerkingsvorm zal centraal staan.

Het doel is het maken van afspraken over de (toekomstige) (energie)impact die de opgave van het cluster 6 bedrijf met zich meebrengt.

Kernpunten zijn:



- Borging van beschikbare maximale capaciteit voor alle partijen
- Leveringszekerheid borgen
- Implicaties/gevolgen in kaart brengen voor alle partijen en afspraken maken hierover (bijv. capaciteitsverdeling)
- Mate van aansprakelijkheid/risico indien capaciteitsverdeling niet na wordt gekomen door bijv. het cluster 6 bedrijf

4. Families - Cluster 6 bedrijven – Organisatie, governance en juridisch

Cluster 6 bedrijven: 2030-2050

Organisatie



Het potentieel van de samenwerking tussen een cluster 6 bedrijf en haar omgeving kan transformeren naar een brede verduurzamingsagenda, bijv. inclusief circulariteit en duurzaam waterverbruik. Dit vereist een gedeelde toekomstvisie met de overheid en een daarvan afgeleide lange termijn investeringsagenda.

Governance



De omgeving zal steeds hogere eisen gaan stellen. De overheden zullen de invulling van maatschappelijke opgaven afdwingen met een strikte handhaving. Gezien de grote ruimtelijke impact van de verduurzamingsagenda zullen provincie en gemeente meer gaan sturen met het omgevingsbeleid.

Juridisch

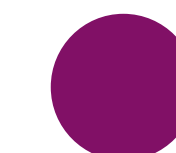


Publiek eigendom van assets zoals infrastructuur zal een grotere rol gaan spelen om vanuit het 'collectieve belang' tot realisatie en exploitatie van een hub met een centrale rol van een cluster 6 bedrijf.

Kernpunten zijn

- Een duidelijk te kwantificeren voordeel/incentive voor het cluster 6 bedrijf om te investeren in de samenwerking met de omgeving.
- Duidelijke beleidsmatige en ruimtelijke visie vanuit de overheden, in het bijzonder de provincie,
- Financiële borging: De langetermijnvisie en bijpassende contractuele afspraken zijn essentieel voor het ontstaan maar juist ook voor het langdurig functioneren van de hub-overstijgende samenwerking. Publieke deelneming dan wel eigendom kan deze continuïteit verder borgen, maar op termijn kan ook de markt als deze diensten aanbieden.

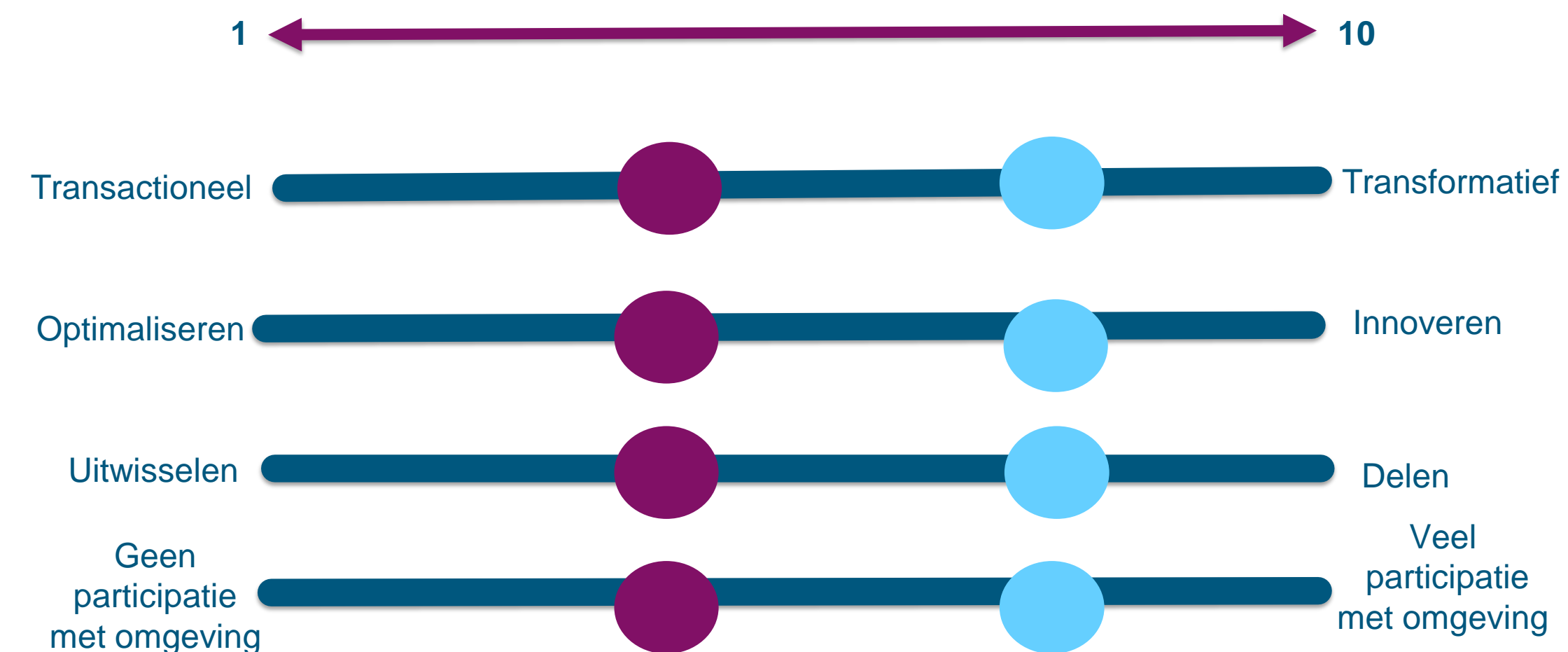
Strategische fit



= 2024-2030



= 2030-2050



Toelichting op verschuiving in strategische fit



Voor bedrijven in cluster 6 bedrijven heeft het al de komende jaren prioriteit om te decarboniseren. Netcongestie is een belangrijke belemmering hiervoor. Het benutten van de lokale omgeving voor het betrekken van duurzaam opgewekte energie wordt belangrijker. Er komt ook meer nadruk te liggen op het flexibiliseren van de productieprocessen en batterijopslag. Cruciaal hierbij is de interactie met de netbeheerder. Door de inzet op innovatie zal op langere termijn elektrificatie van hoge temperatuur processen (nu nog verbranding) mogelijk worden. Op kortere termijn dienen er mogelijk nog wel dieselgeneratoren of WKK's ingezet te worden. Een goede relatie met het bevoegde gezag is van belang om tijdig een vergunning voor deze tijdelijk inzet te krijgen. Waterstof is relevant voor de bedrijven die in de nabijheid van de landelijke waterstofinfrastructuur liggen. Dan dient er wel succesvol samengewerkt te worden met de Gasunie, overheden en mogelijk ook andere bedrijven voor de vereiste regionale aftakking.

4. Families - Cluster 6 bedrijven – Multiplier-analyse

Methode Cluster 6 en resultaten

Filterstappen

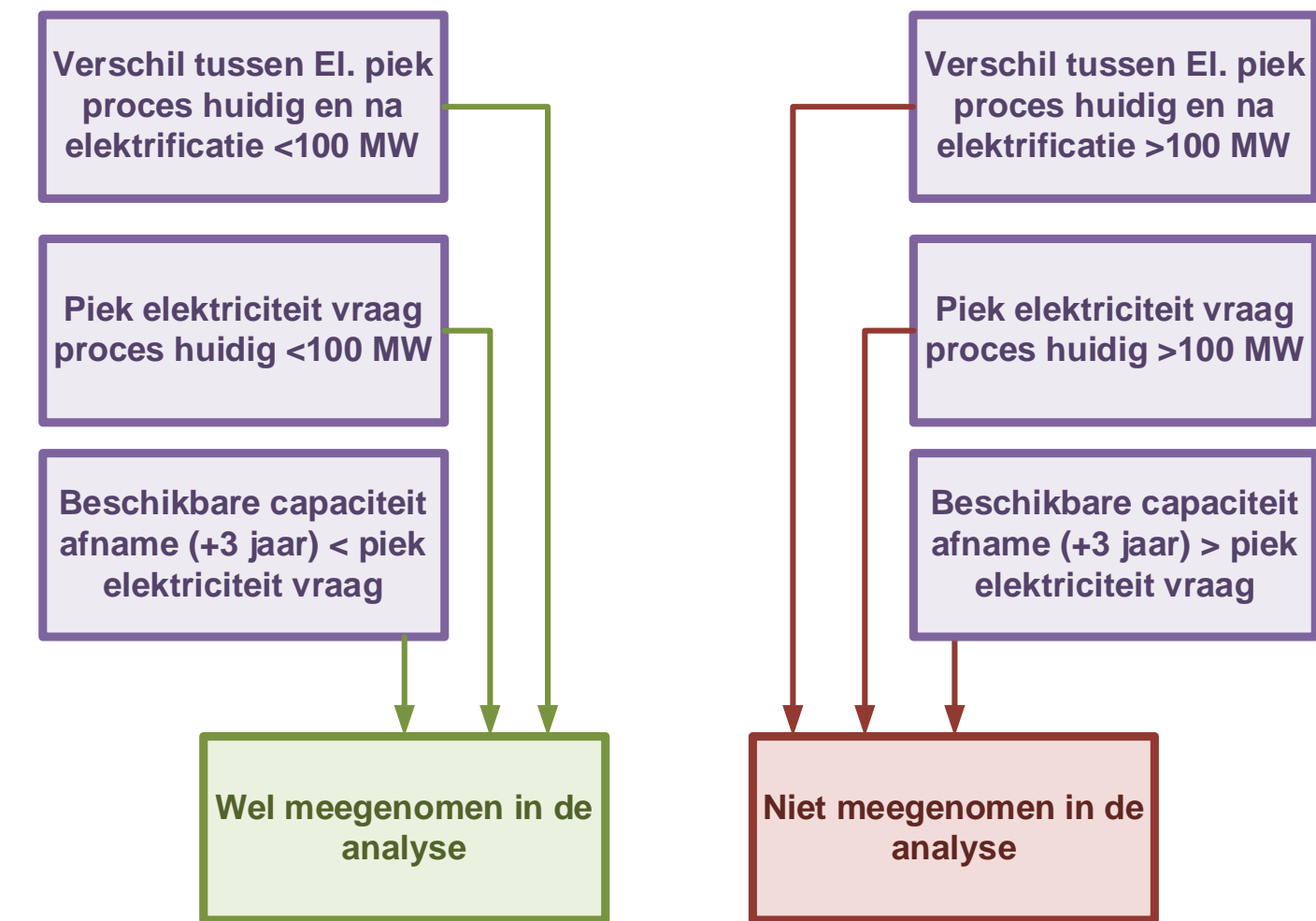
Voor Cluster 6 analyseren we op bedrijfsniveau en onderscheiden we de volgende filterstappen:

- De totale huidige elektriciteitsvraagpiek en het verschil tussen de elektriciteitspiek (voor en na elektrificatie) is kleiner dan 100 MW. Zodat de bedrijven met een aansluiting op het hoogspanningsnet niet worden meegenomen in de analyse.
- De bedrijven liggen in een gebied waar over 3 jaar de indicatieve net-capaciteit kleiner is dan de verwachte extra elektriciteitsvraagpiek. Zodat bedrijven worden meegenomen waar een acuut netcongestie probleem is.

Belangrijk is om nogmaals te benadrukken dat de berekeningen alleen gebaseerd zijn op de processen zoals deze staan weergegeven in de MIDDEN database. Elektriciteits- en gasverbruik van gebouwen en transport worden niet meegenomen in de berekeningen. Ook is er niet gekeken energie opwek, of naar energie uitwisseling tussen bedrijven en hun omgeving.

Tabel 8: Resultaten data analyse voor cluster 6 bedrijven

	Min	Max	Gemiddeld	
El. verbruik huidig	0,5	99	19	GWh/j
El. verbruik na elektrificatie	4	505	125	GWh/j
Gas verbruik huidig	25	1.833	406	TJ/j
El. Vermogen huidig	0,1	28	5	MWp
El. Vermogen na elektrificatie	0,8	100	26	MWp




Figuur 9: Schematisch overzicht analyse stappen cluster 6 bedrijven

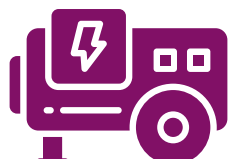
Voorbeeld scenario Energy Hub voor cluster 6

Er zijn twee resultaten weergegeven die worden gebruikt om een indicatie te geven voor een soort energy hub scenario. Het scenario kan gezien worden als een **worst case scenario voor een energy hub**: Er is geen flex capaciteit, of lokale opwek mogelijk. De volledige piek moet worden opgevangen door een batterij met een generator, of WKK, als back-up

- Het back-up vermogen is berekend op de piek die nodig is (t.o.v. BaU) voor volledige elektrificatie
- De batterij biedt genoeg opslag op basis van het gemiddelde stroom verbruik na elektrificatie voor 10 uur.

Batterij

115 MWh

Gemiddeld "worst case" scenario voor een cluster 6 energy hub

Back-up

20 MW

- Uitgaande van een kosteninschatting van 300 €/kWh voor batterijen (NREL, 2021) en 2.000 €/kW voor een aggregaat (EIA, 2022). Zijn de gemiddelde kosten voor een Energy Hub in de gebouwde omgeving rond de € 76 miljoen.

4. Families - Cluster 6 bedrijven - Multiplier-analyse

Impact factor

82%

C6 bedrijven

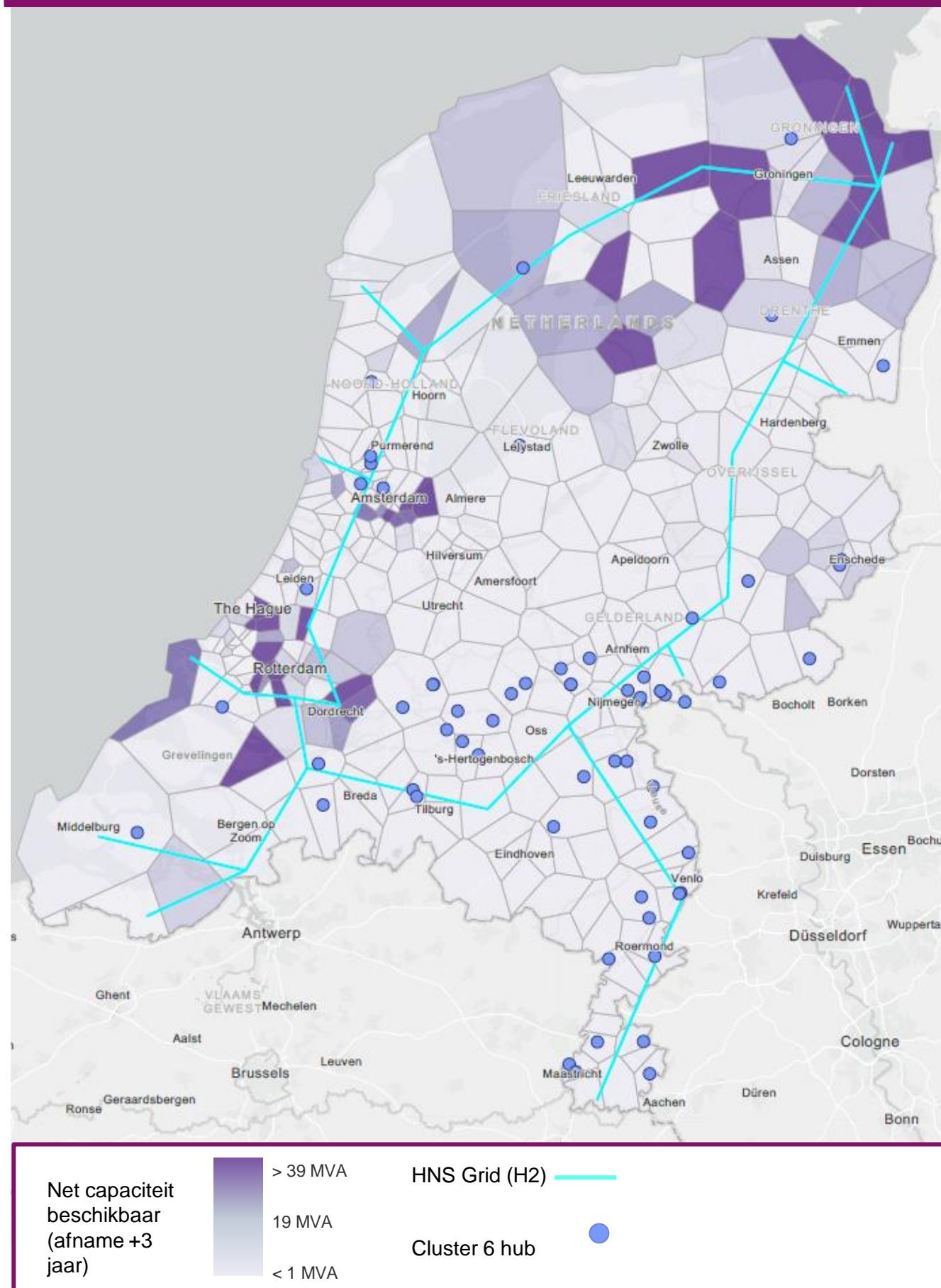
64

Kansrijke regio's

- ❖ Regio Noord en Midden Limburg
- ❖ Regio Arnhem Nijmegen
- ❖ Regio Zuid Limburg

Multiplier-analyse Cluster 6

Kaart 4: Kansrijke locaties - Cluster 6 bedrijven



Indicatoren

Schaalgrootte in Nederland (binnen analyse)

In totaal worden er in de MIDDEN database 108 bedrijven genoemd binnen de categorie "other", deze bedrijven zijn aangenomen als cluster 6 bedrijven. Van deze bedrijven worden voor 84 bedrijven indicaties gegeven van hun elektriciteit en aardgasverbruik, deze 84 bedrijven zijn meegenomen in de filter analyse. Hier vallen er een aantal af doordat ze niet in een gebied met acute net-congestie liggen en een enkele doordat ze een hoogspanning aansluiting nodig hebben. Uiteindelijk zijn er 64 bedrijven aangemerkt als kansrijke cluster 6 bedrijven. Zie ook bijgaande kaart en het staafdiagram waarin de regio's zijn aangeven met de grootste concentratie van deze cluster 6 bedrijven. Echter, van deze 64 bedrijven zijn er 16 die op de gefilterde bedrijventerreinen liggen, deze zijn apart aangemerkt.

De analyse kan worden verbeterd met behulp van een completere lijst van cluster 6 bedrijven. Uiteraard zou er met actuele verbruiksdata (bijvoorbeeld pieken en jaarverbruik) ook een significante stap behaald kunnen worden op het gebied van nauwkeurigheid.

Vermeden economische schade: Economische activiteit mogelijk maken.

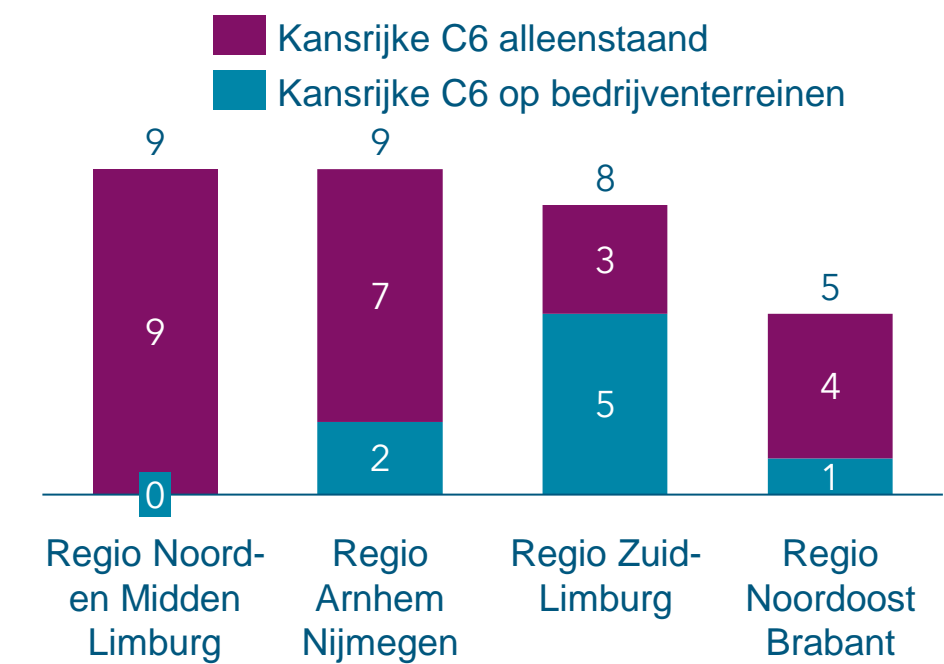
De hoofdcomponenten voor de bepaling van vermeden economische schade voor de cluster 6 bedrijven door de realisatie van een Energy Hub zijn:

- Balancering van afnamepieken en het creëren van ruimte op het net voor duurzame opwek.
- Verder gaande elektrificering van het bedrijf en de reductie van CO₂ en NO_x
- Mogelijke uitbreiding van het bedrijf
- De verdringing van CO₂ emissies van fossiel opgewekte elektriciteit door duurzame opwek
- Restwarmte afgifte aan warmtenet

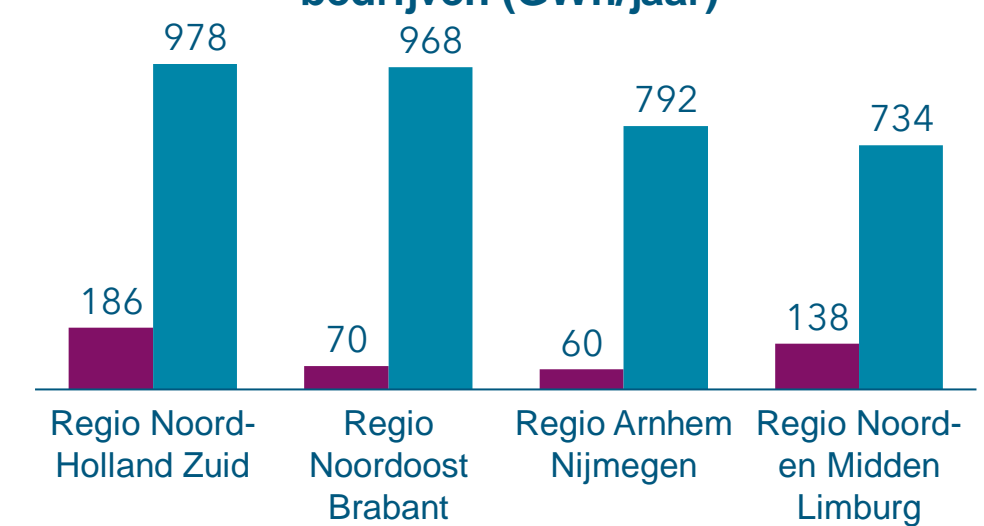
Toegevoegde economische schade

- CO₂, NO_x, en geluidsemissie door toevoeging van fossiel brandstof (aardgas, diesel) generatoren/ WKK's voor piek opvang Energy Hub.

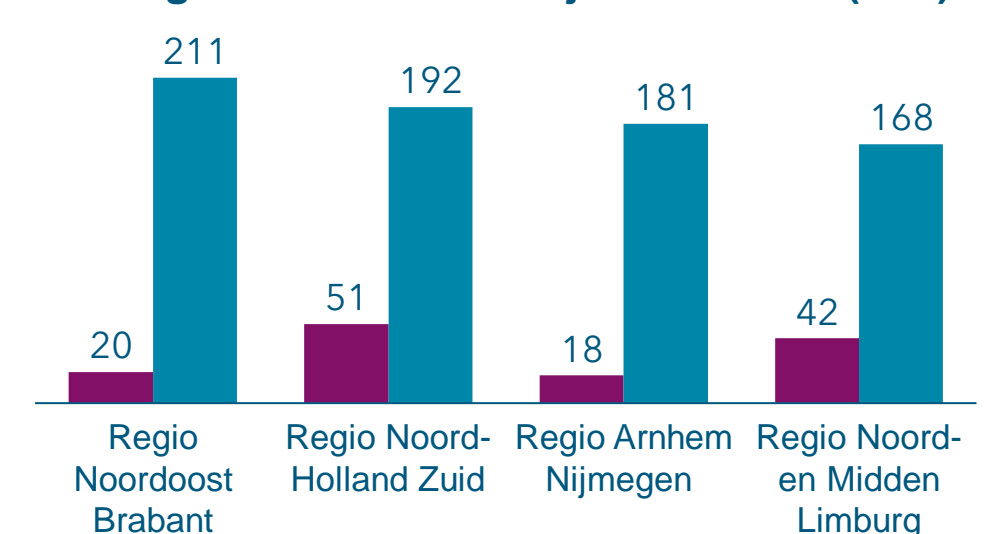
Aantal cluster 6 bedrijven per RES regio



Elektriciteitsverbruik, huidig en na elektrificatie van geselecteerde Cluster 6 bedrijven (GWh/jaar)



Elektriciteit piek, huidig en na elektrificatie van geselecteerde bedrijventerreinen (MW)



4. Families - Cluster 6 bedrijven - Multiplier-analyse

Impact factor

82%

CO₂ reductie

0,2 tot 1,2 Mton CO₂

Piek reductie

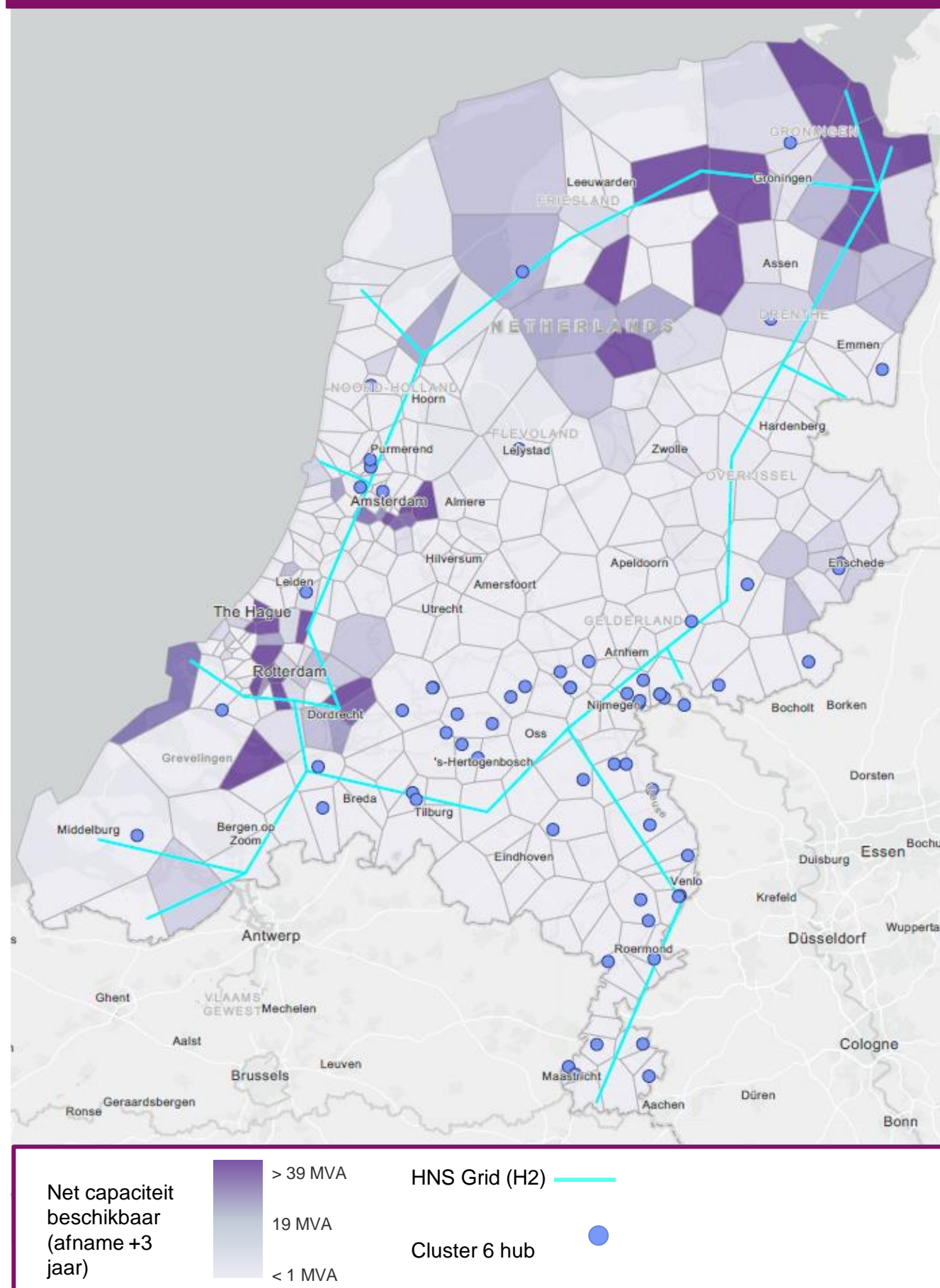
1.069 MW

Kansrijke regio's

- ❖ Regio Friesland
- ❖ Metropoolregio Eindhoven
- ❖ Regio West-Overijssel

Multiplier-analyse Cluster 6

Kaart 4: Kansrijke locaties - Cluster 6 bedrijven



Vermeden CO₂

Voor cluster 6 bedrijven is de belangrijkste drijfveer de verder gaande elektrificatie van het aardgasverbruik. Uit de MIDDEN database is een indicatief elektriciteit en gasverbruik af te leiden, evenals een elektriciteit verbruik na directe of indirecte (biogas/ waterstof) elektrificatie. Deze analyse gaat uit van **maximale directe elektrificatie** van het aardgasverbruik als een energy hub wordt toegepast. Dit is niet altijd het juiste pad voor de bedrijven, bijvoorbeeld zal er ook een E-boiler worden toegepast, terwijl een warmtepomp, of biogas een betere optie is.

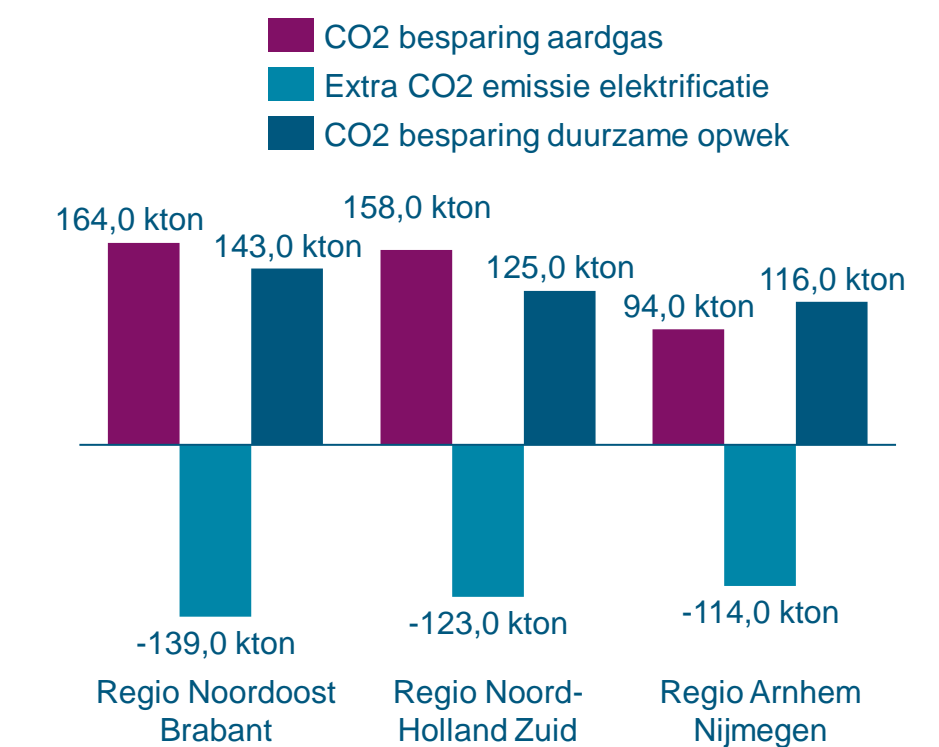
- In totaal zou het gaan om **0,2 tot 1,2 Mton** aan vermeden CO₂ emissie (78% reductie), door elektrificatie van bedrijfsprocessen.
- Een deel van de cluster 6 bedrijven liggen op de bedrijventerreinen uit deze analyse, in totaal 16 van de 63, exclusief deze bedrijven is de CO₂ besparing **0,1 tot 0,8 Mton**.
- De CO₂ reductie wordt beperkt met name door het significante elektriciteit verbruik na elektrificatie. Ook wordt er gerekend met een impact factor van 82%, we nemen daarmee aan dat niet al het gasverbruik gereduceerd kan worden.
- Hierin is nog een verbetering te maken door per bedrijf specifiek te kijken naar de gebruikte processen, de meest realistische verduurzaming strategieën en de mogelijk geachte aardgas reductie.

Gereduceerde elektriciteit piek

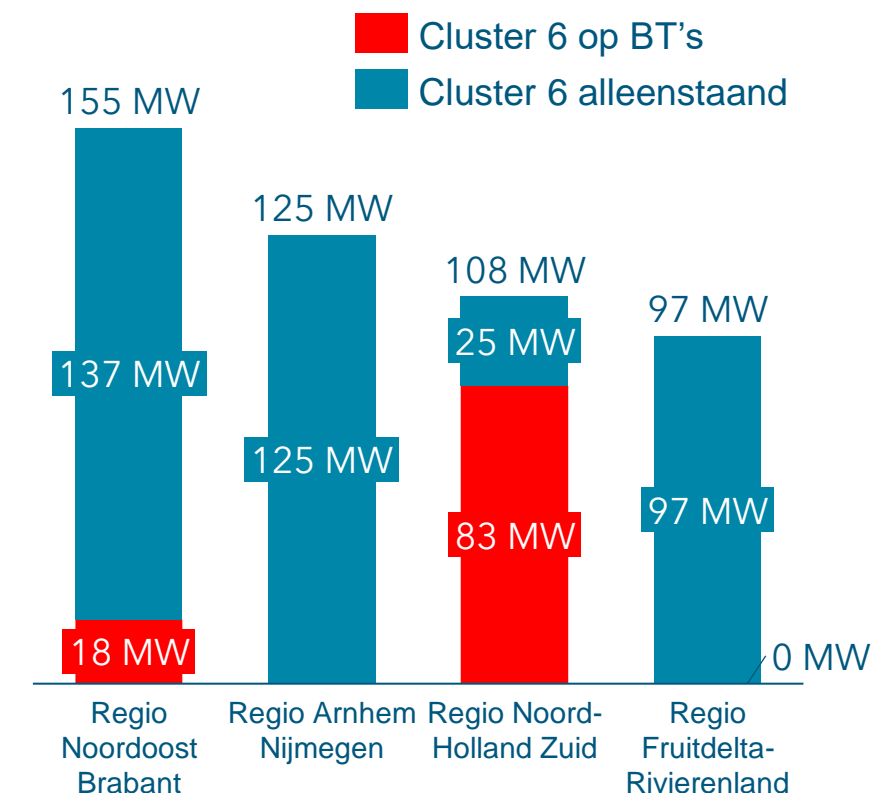
Pieken in elektriciteit afname worden gereduceerd door opslag en flexibilisering van de vraag. Zie staafdiagram met indicatie van de bedrijven waar de grootste reductie van het risico op netcongestie, uitgedrukt in MVA, mogelijk wordt geacht.

- Voor de cluster 6 bedrijven als geheel is de gereduceerde elektriciteit piek een equivalent van **1.069 MW**.
- Een deel van de cluster 6 bedrijven liggen echter op de bedrijventerreinen uit deze analyse, in totaal 18 van de 63, exclusief deze bedrijven is de piek reductie **737 MW**.
- Ook voor deze berekening geldt dat er is gerekend met een maximale directe elektrificatie van het proces, de werkelijke vermeden netinvesteringen zullen daarom waarschijnlijk (een stuk) lager uitvallen.

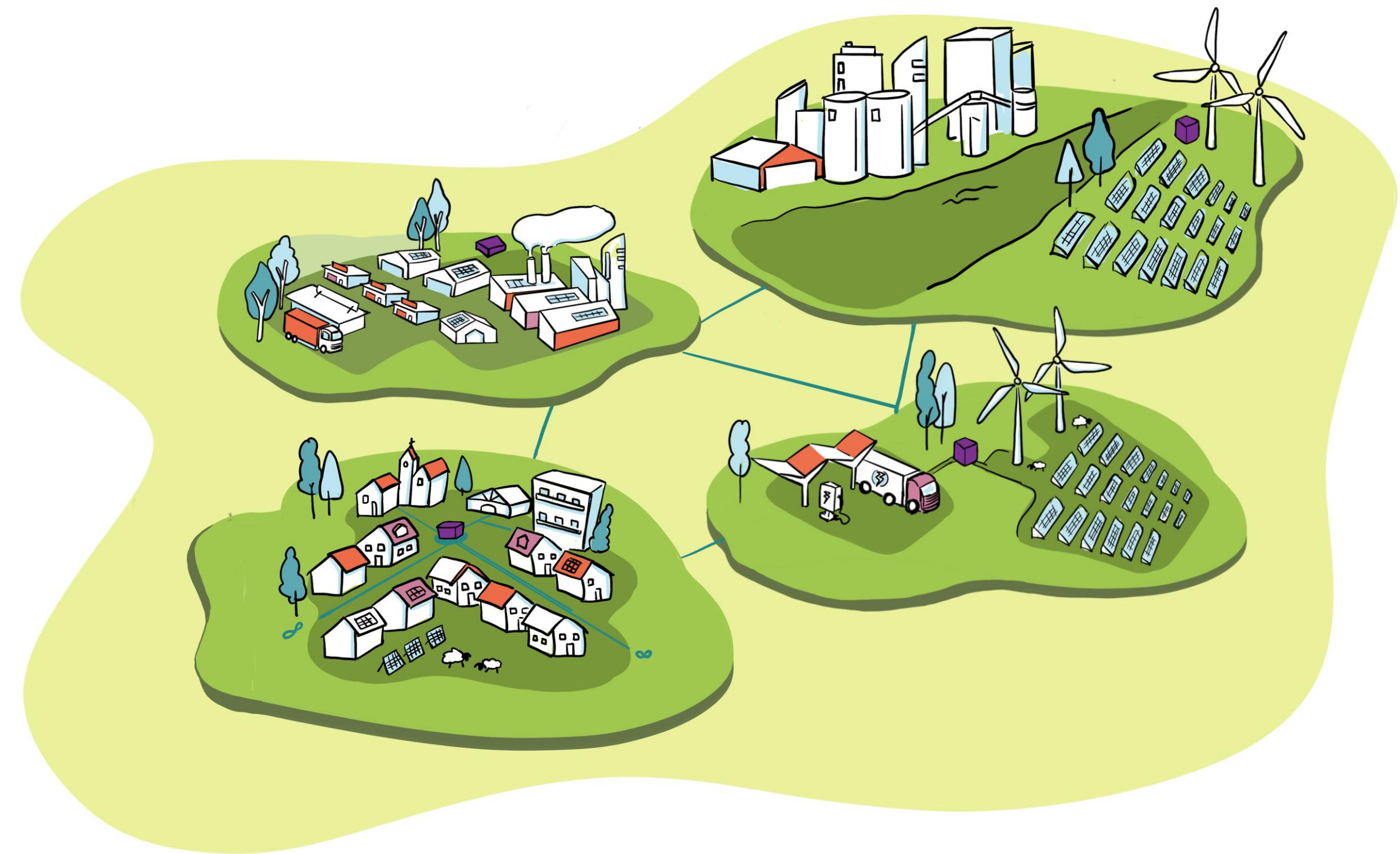
CO₂ emissiereductie Cluster 6 per RES regio (kton/jaar)



Piekreductie Cluster 6 per RES regio (MW)



5. Gebiedsontwikkeling en Energy Hubs



5. Gebiedsontwikkeling en Energy Hubs

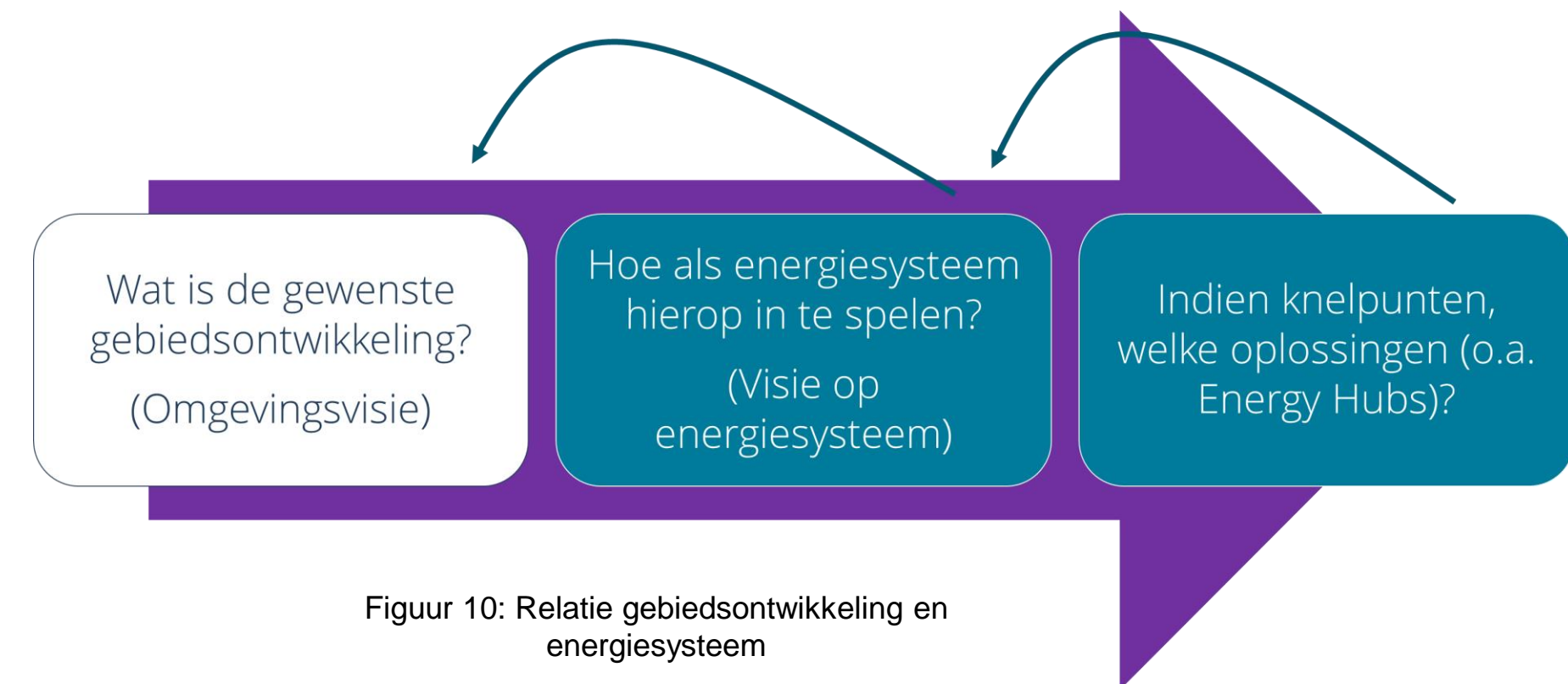
Bijdrage aan gebiedsontwikkeling via energiesysteem

Nu we zien dat er steeds meer initiatieven genomen worden voor Energy Hubs, komt de vraag op welke bijdrage Energy Hubs in hun onderlinge samenhang kunnen bieden aan de gewenste ontwikkeling van een gebied. Om deze vraag te beantwoorden stellen wij allereerst dat Energy Hubs niet de integrale gebiedsontwikkeling bepalen. Wat de gewenste gebiedsontwikkeling is, is immers het resultaat van een bredere belangenafweging (zie figuur 10). Voorbeelden van belangen zijn de gewenste hoeveelheid nieuwe woningen, nieuwe bedrijvigheid gewenst is of de ruimte voor land- en tuinbouw. Dit komt terug in de Omgevingsvisie. Hieruit vloeit de vraag naar energie voort. En dan komt de vraag naar voren of het energiesysteem, inclusief de daarvoor benodigde ruimte, op deze vraag kan inspelen. Vaak zijn er technische innovaties. Energie is daarbij een van de thema's. Duidelijk is dat er meer energie-infrastructuur gebouwd moet worden. Ook dat er slimme oplossingen nodig zijn, waaronder Energy Hubs. Dan nog kan de conclusie zijn dat het energiesysteem in een gebied de vraag niet kan invullen, bijvoorbeeld omdat er te weinig ruimte is voor alle vereiste energievoorzieningen. In de Powerport Moerdijk is dit bijvoorbeeld al vastgesteld. De vraag komt dan weer terug bij gemeentelijke colleges en/of gedeputeerde staten: Wat zijn de gebiedsprioriteiten? Want niet alles kan meer, in ieder geval niet tegelijkertijd.

Vanuit bovenstaande context positioneren wij Energy Hubs in het energiesysteem van een gebied. Wij hebben al eerder vastgesteld bij de multiplier-analyse dat Energy Hubs vooral tot hun recht komen in het verzorgingsgebied van een HS/MS onderstation). Figuur 11 illustreert dit. Op dat schaalniveau leveren de hubs vooral hun bijdrage aan de balans tussen vraag en aanbod.

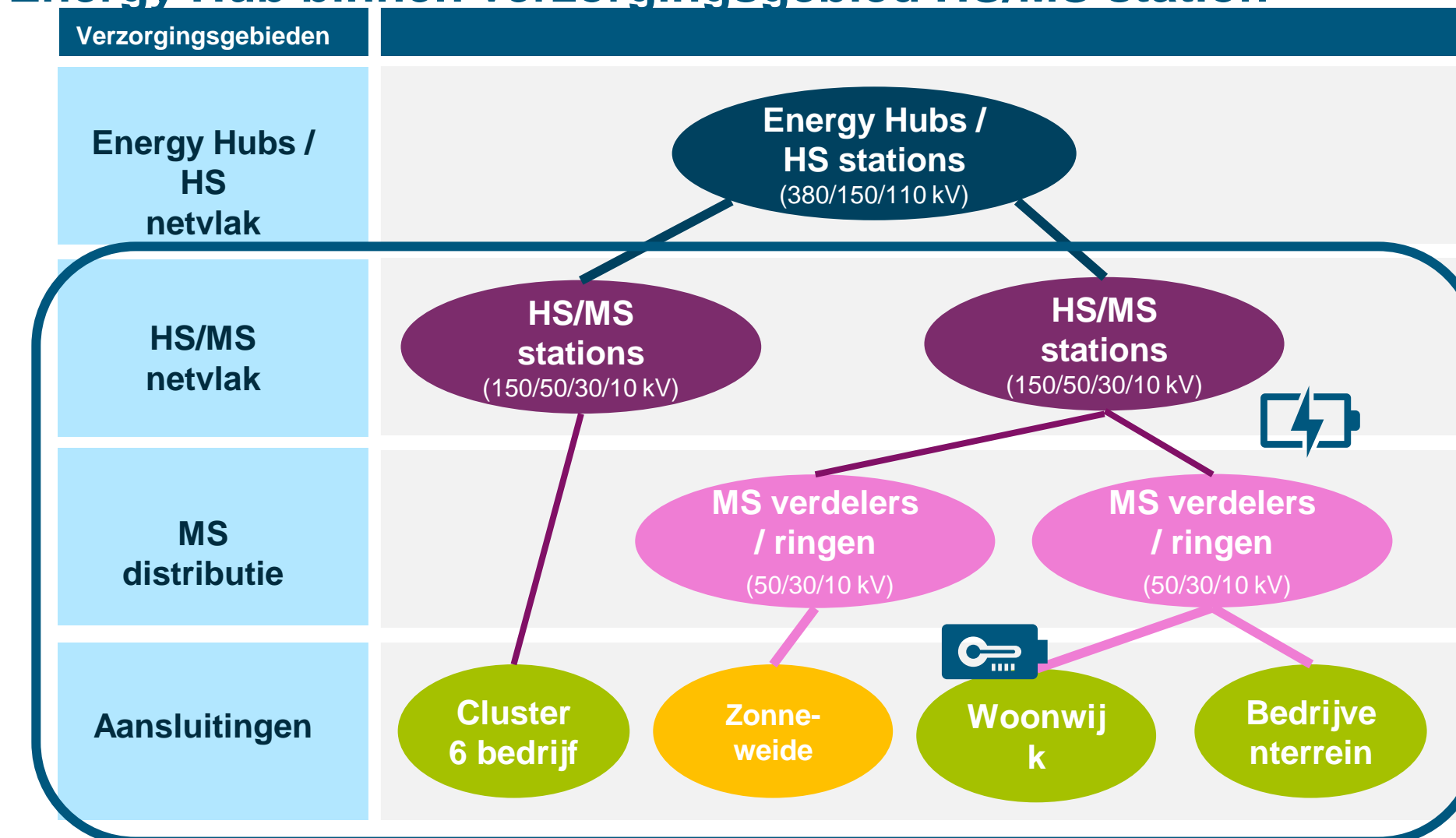
- Een mix van Energy Hubs biedt voordelen voor de energievoorziening in een gebied.
- Energy Hub ontwikkeling is dienend aan de beoogde gebiedsontwikkeling ... en niet andersom.
- Een Energy Hub heeft zijn impact in het verzorgingsgebied van een HS/MS onderstation.

Integrale gebiedskeuzes bepalend



Figuur 10: Relatie gebiedsontwikkeling en energiesysteem

Energy Hub binnen verzorgingsgebied HS/MS station

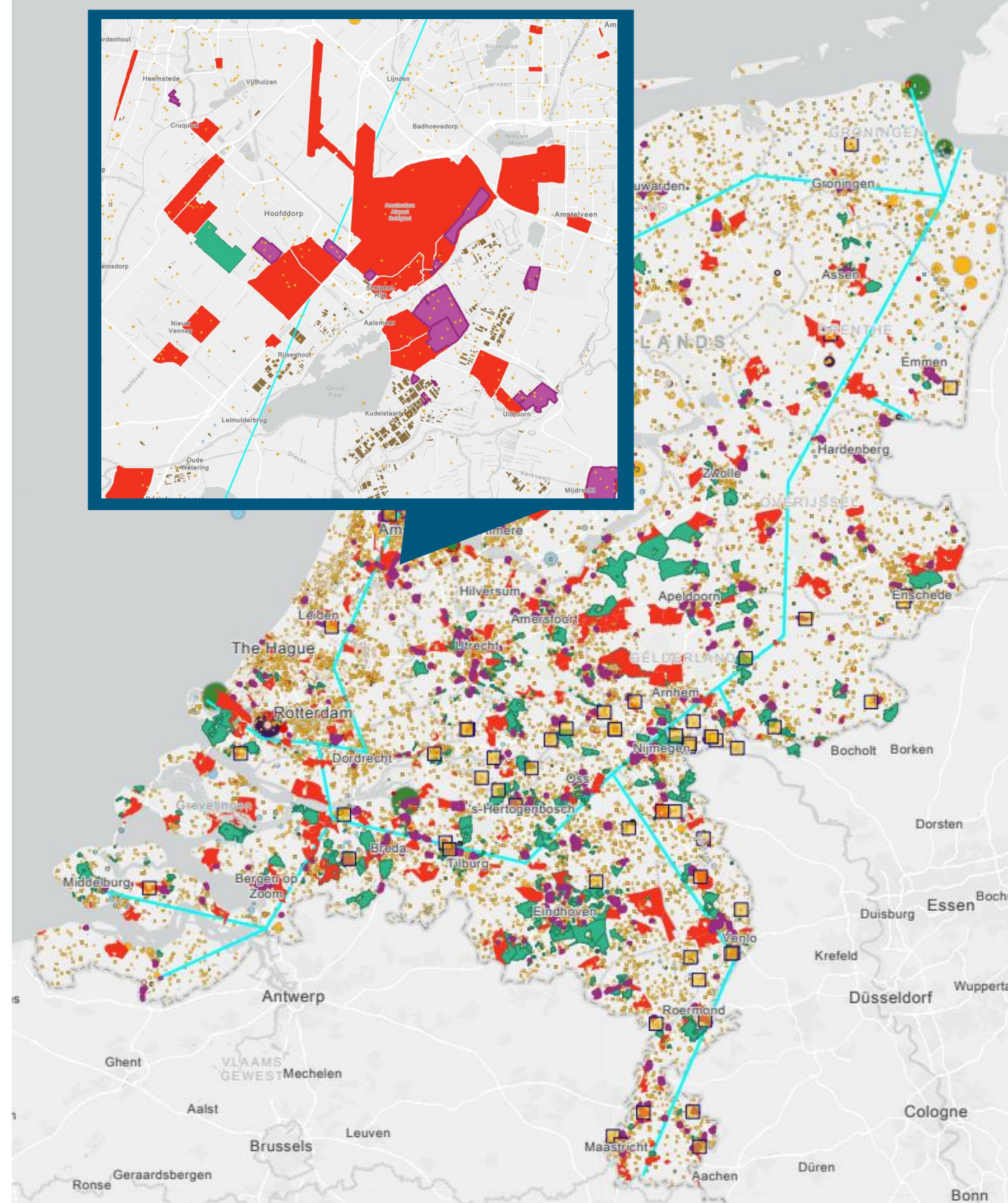


Figuur 11: Verzorgingsgebied HS/MS station

5. Gebiedsontwikkeling en Energy Hubs

Mix van Energy Hubs op de kaart

Kaart 5: Mix van Energy Hubs. Combinatie van kansrijke eigenschappen in één gebied. Voorbeeld 1: Schiphol/ Aalsmeer



- Zonne-energie
- Windenergie
- Geothermie
- CO₂ arme warmte
- Waste to energy
- Waterkracht
- Cluster 6 hubs
- Bedrijventerreinen Industrie hubs
- Mobiliteit hubs
- Buurthubs
- Nationaal waterstofnet
- kassen

Van mix naar samenhang

Vanuit het gebiedsniveau kan gekeken worden naar een mix van Energy Hubs. De energetische eigenschappen van verschillende families kunnen dan worden samengebracht. Vanuit de opgave in een gebied kan er gestuurd worden op de samenhang.

Mix van Energy Hubs aanwijzen op de kaart

Met behulp van de GIS-kaarten kunnen combinaties van Energy Hubs herkend worden. Ook kan de potentie van hubs voor een gebied in beeld worden gebracht. De kaarten zijn ontwikkeld om energetische eigenschappen zoals duurzame opwek, het nationale waterstofnet, warmtenetten en de door deze studie herkende gebieden met Energy Hub potentie samen te brengen. Daarbij is er de mogelijkheid om andere grote verbruikers die buiten deze studie vallen, zoals RWZI's, datacenters, ziekenhuizen en universiteiten samen te laten komen op de kaart.

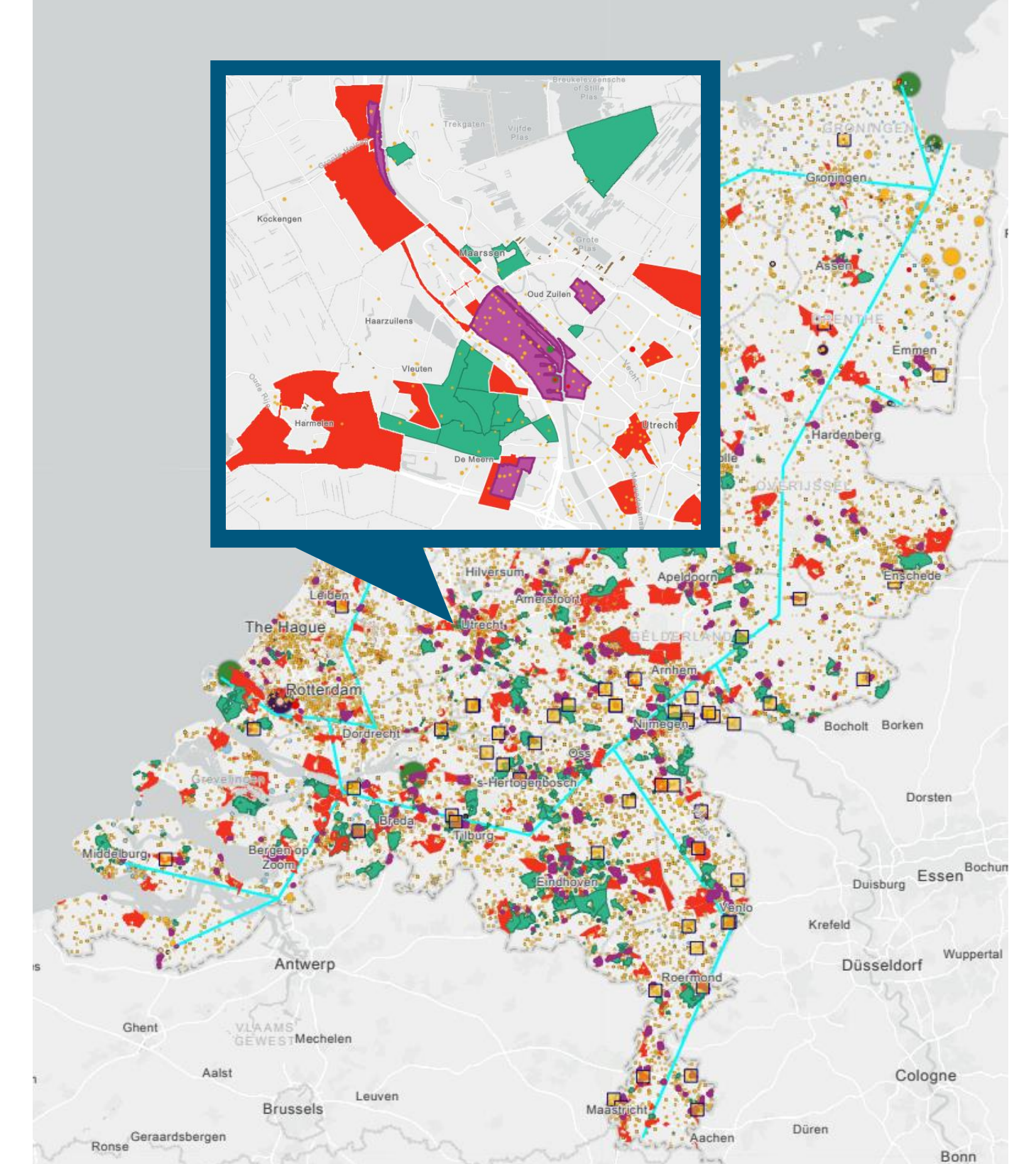
De GIS-kaarten kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden voor strategische energie studies op gebiedsniveau, zoals de energiesysteemstudies en de PMIEK.

Twee voorbeelden

Een voorbeeld is bij Schiphol (kaart 5). In dit gebied zijn er kassen, bedrijventerreinen en mobiliteit hubs met potentie van afstemming gericht op de balans tussen vraag en aanbod van elektriciteit en warmte. Bovendien ligt dit gebied dichtbij het nationale waterstof net, wat ook weer potentie geeft voor indirecte elektrificatie.

Een voorbeeld is bij Vianen (kaart 6). Hier komen verschillende mobiliteit hubs, buurthubs (gebouwde omgeving) en bedrijventerreinen samen binnen een indicatief net vlak. Ook is er voldoende zonne-opwek en warmte opwek in het gebied.

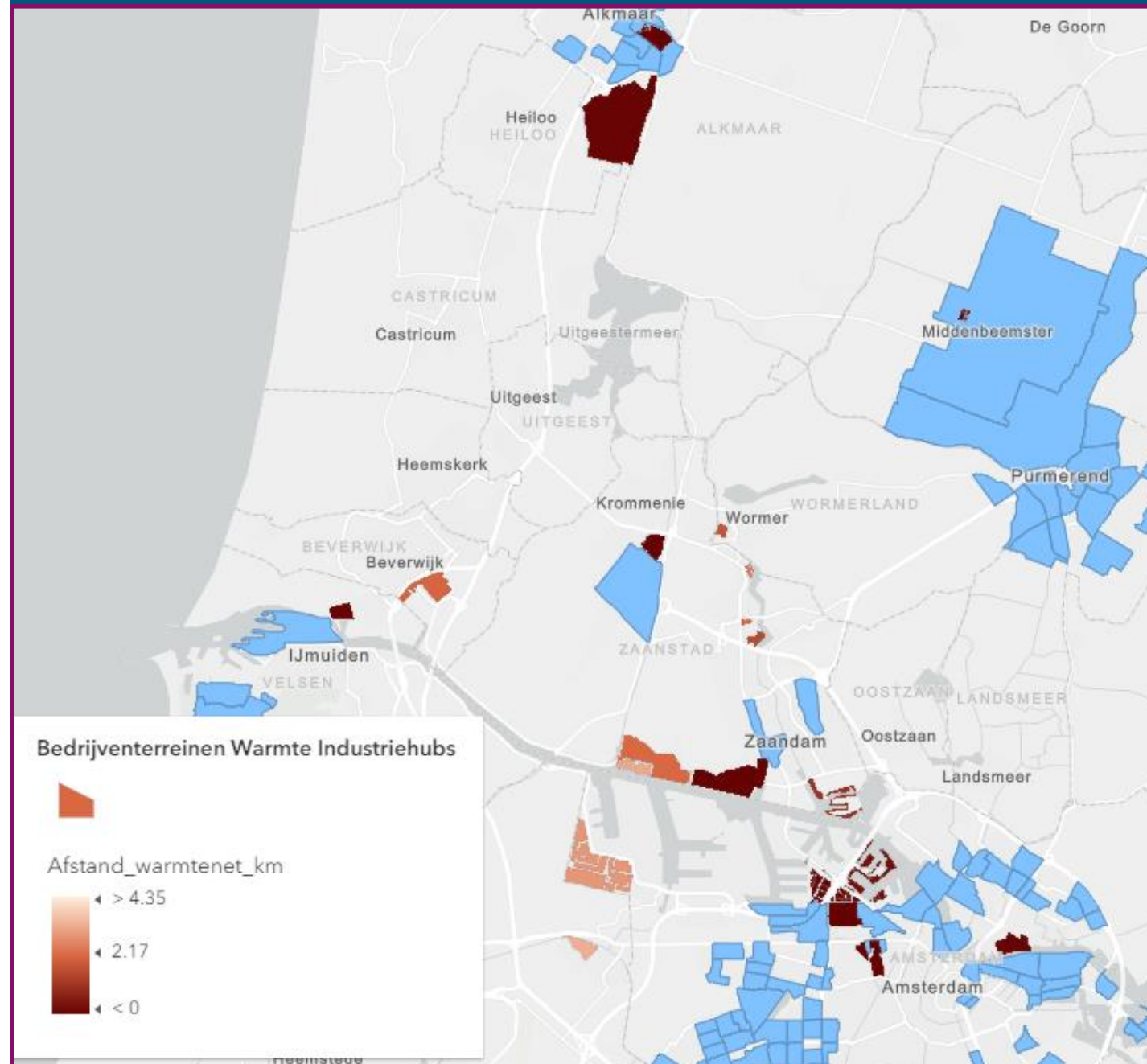
Kaart 6: Mix van Energy Hubs. Combinatie van kansrijke eigenschappen in één gebied. Voorbeeld 2: Vianen/ Utrecht West



- Zonne-energie
- Windenergie
- Geothermie
- CO₂ arme warmte
- Waste to energy
- Waterkracht
- Cluster 6 hubs
- Bedrijventerreinen Industrie hubs
- Mobiliteit hubs
- Buurthubs
- Nationaal waterstofnet
- kassen

5. Gebiedsontwikkeling en Energy Hubs

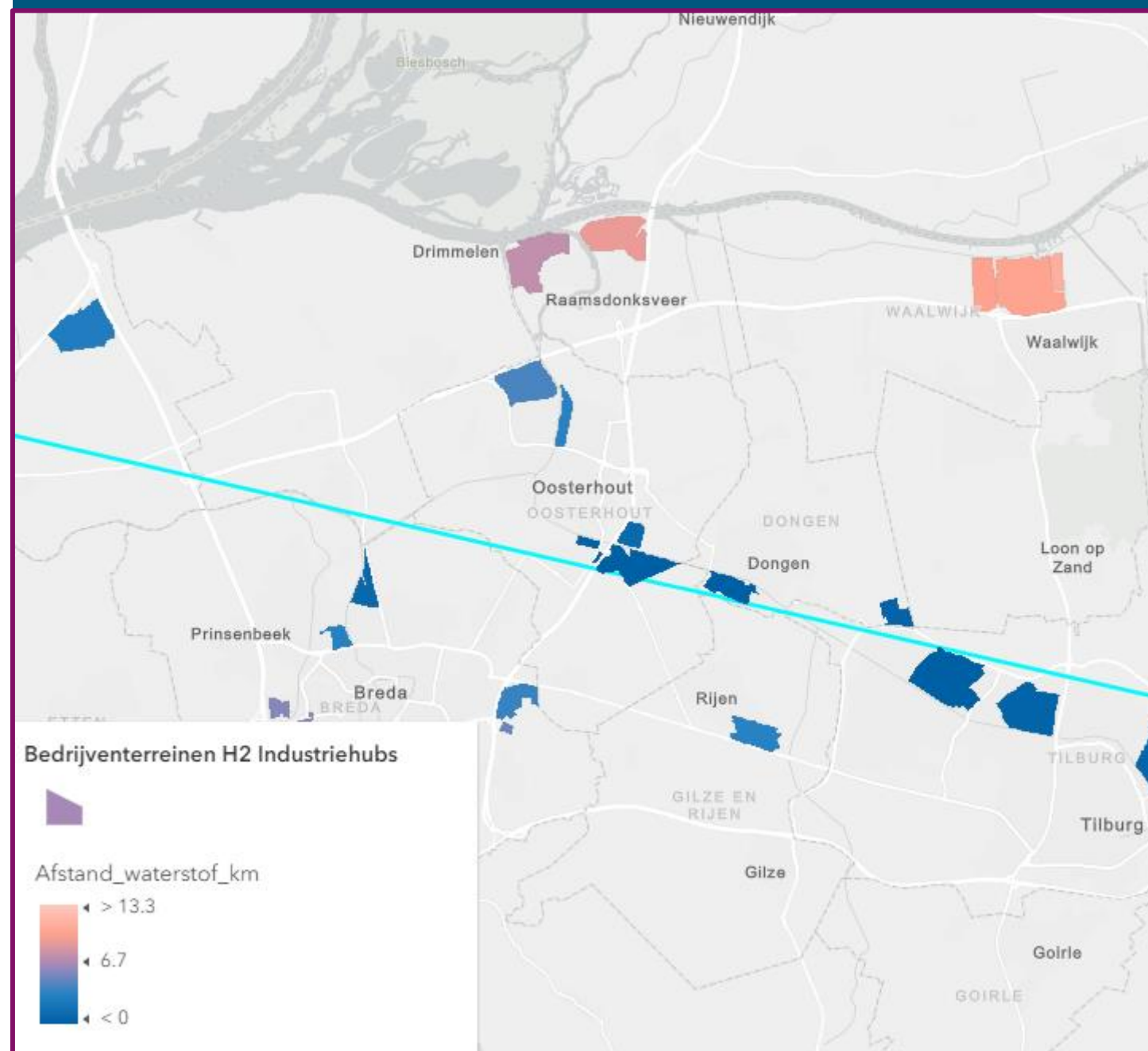
Kaart 7: Energy Hub bedrijventerrein in combinatie met warmte netten



De nabijheid van warmtenetten kan bepaald worden ten opzichte van bedrijventerreinen, die kansrijk zijn voor een Energy Hub. Het wordt dan mogelijk om bedrijventerreinen te herkennen die een aansluiting kunnen maken op een warmtenet.

De combinatie van warmtenetten met Energy Hubs maakt het eenvoudiger om elektrische pieken te reduceren die gemaakt zouden worden voor de opwek van warmte op een bedrijventerrein.

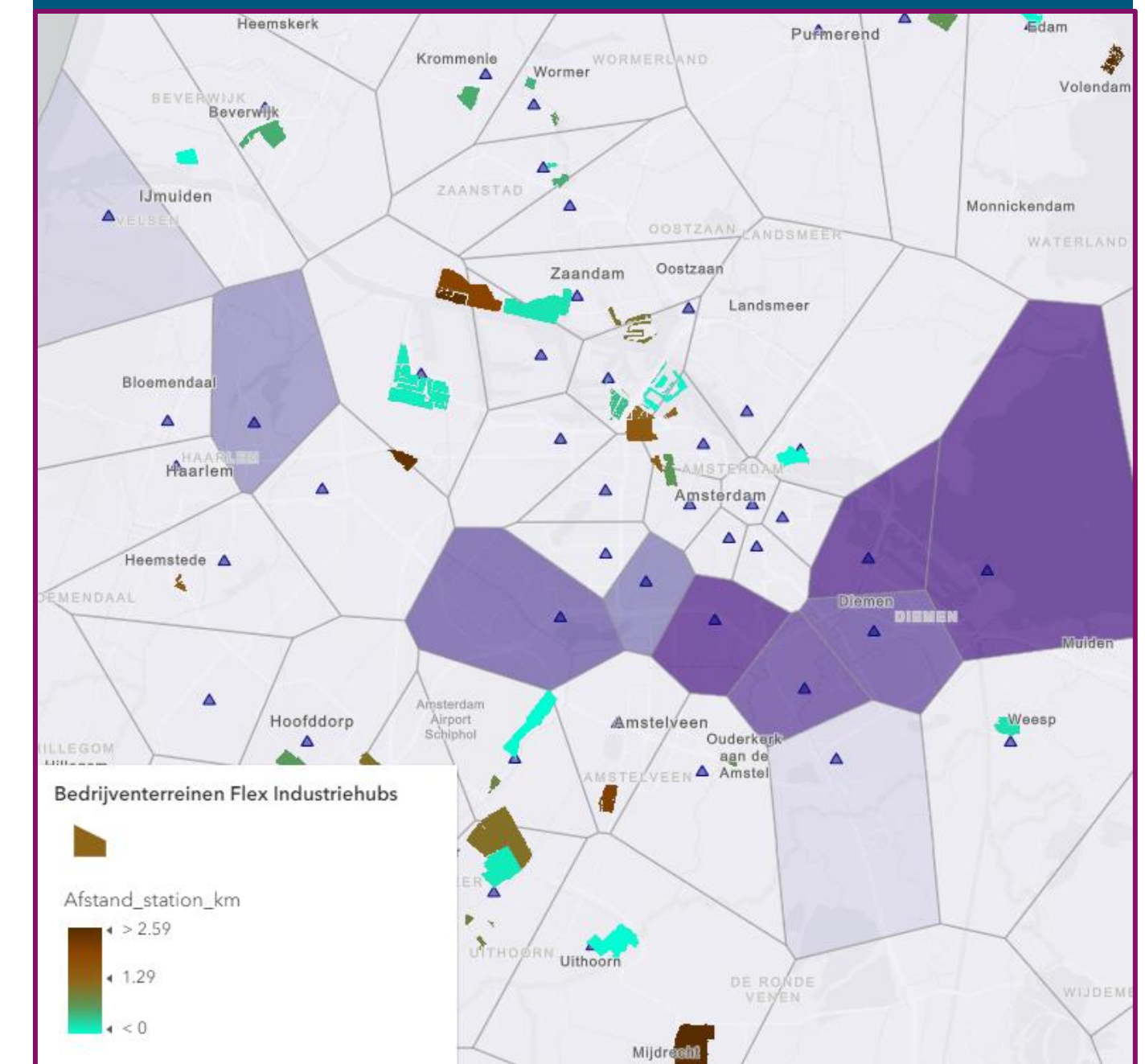
Kaart 8: Energy Hub bedrijventerrein in combinatie met nationale waterstofnet



De nabijheid van het nationale waterstofnet kan gedefinieerd worden ten opzichte van bedrijventerreinen, die kansrijk zijn voor een Energy hub. Het wordt dan mogelijk om bedrijventerreinen te herkennen die een regionale aansluiting kunnen maken op het nationale waterstofnet.

Door de vraag naar waterstof ruimtelijk te bundelen op een bedrijventerreinen, wordt deze locatie kansrijker om in aanmerking te komen voor een regionale aansluiting.

Kaart 9: Energy Hub bedrijventerrein in combinatie met grootschalige opslag



De nabijheid van HS/MS onderstations kan vastgesteld worden ten opzichte van bedrijventerreinen, die kansrijk zijn voor Energy Hubs. Het wordt dan mogelijk om locaties te herkennen die geschikt zijn voor congestie management en grootschalige elektriciteit opslag.

Het gaat om bedrijventerreinen die in een gebied liggen met netcongestie (afname +3 jaar), op een redelijk afstand van een HS/MS onderstation en er is significante elektriciteit afname. Congestie management en opslag zijn logische stappen.

5. Gebiedsontwikkeling en Energy Hubs

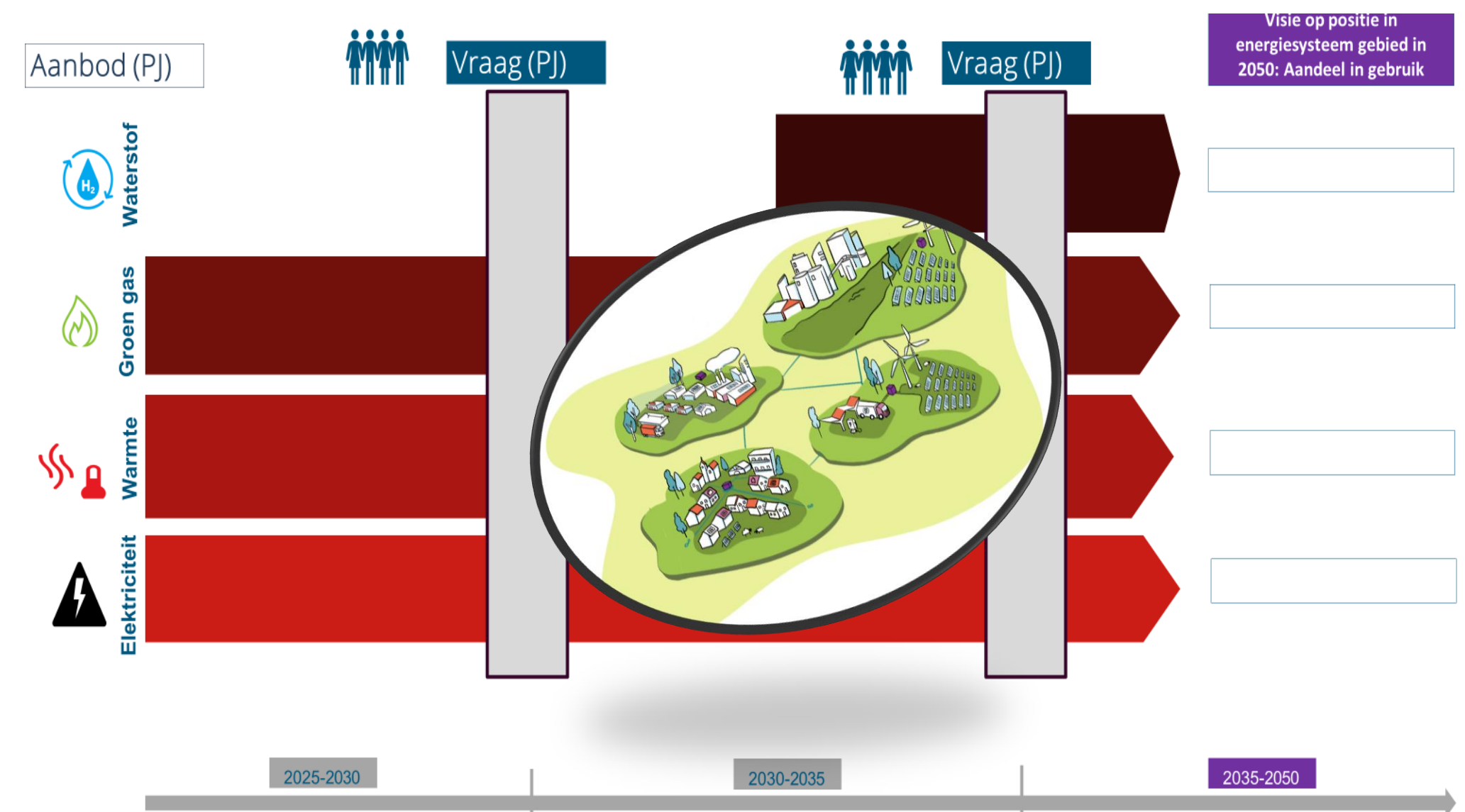
Sturen op samenhang

Mix van Energy Hubs

Binnen het verzorgingsgebied van een HS/MS wordt in dit rapport nadrukkelijk verder gekeken dan alleen elektriciteit. Ook de energiedragers warmte, groen gas en waterstof worden in kaart gebracht. De kaarten voor elektriciteit, warmte, groen gas en waterstof worden als het ware over elkaar gelegd in één gebied.

Gaandeweg zullen steeds meer individuele Energy Hubs “wortel schieten” en ontwikkelstappen maken. Dit mede mogelijk gemaakt met randvoorwaardelijke wet- en regelgeving en marktprikkels. De gezamenlijke impact op het energiesysteem op HS/MS-niveau kan vergroot worden door de bouwstenen van de individuele Energy Hubs op elkaar te laten aansluiten. Zo kan bijvoorbeeld voldoende schaalgrootte verkregen worden om systeembatterijen of grootschalige seizoensopslag warmte te plaatsen. Ook kan er gestuurd worden op uitwisseling tussen Energy Hubs. Bijvoorbeeld restwarmte uit bedrijventerreinen en woonwijken. Gaandeweg ontstaat er een collectief belang om samenwerking zowel binnen de Energy Hubs als tussen de Energy Hubs te vergroten.

Figuur 12 illustreert de bijdrage van Energy Hubs aan de afstemming tussen energiedragers. Deze afstemming luistert nauw. Vanuit de visie op het energiesysteem in 2050 wordt met de ontwikkelpaden voor vier energiedragers (elektriciteit, warmte, groen gas en waterstof) het aanbod van de vier energiedragers en de vraag in kaart gebracht. De afstemming van vraag en aanbod binnen een energiedrager, maar ook tussen de energiedragers luistert nauw. Verduurzaming van warmtenetten bestaat bijvoorbeeld veelal uit een combinatie van duurzame warmtebronnen. Vertraging in de ontwikkeling van bijvoorbeeld geothermie betekent dat andere bronnen meer en/of sneller moeten gaan leveren. Dit kan ook vanuit andere energiedragers. De langzamere ontwikkeling op dit moment van waterstof dan verwacht, kan bijvoorbeeld voor een grootschalig warmtenet betekenen dat de beoogde substitutie van een centrale op fossiel gas door groene waterstof door een andere bron opgevangen moet worden.



Figuur 12: Mix van Energy Hubs

Sturen vanuit energie- en omgevingsbeleid

De overheid kan op de mix van Energy Hubs sturen vanuit een visie op het energiesysteem op gebiedsniveau. Zowel het energie- als het omgevingsbeleid hebben belang bij Energy Hubs. Vanuit energiebeleid is er het belang om het transport van energie te beperken en het ontlasten van het elektriciteitsnet door de inzet van alternatieve energiedragers groen gas, warmte en waterstof. Vanuit het omgevingsbeleid wordt zo bijgedragen aan het minimaliseren van het gebruik van ruimte voor energie. Afwentelen van de energievraag in de tijd en naar andere gebieden wordt op deze wijze tegen gegaan.

Gaandeweg zullen Energy Hubs steeds meer een onderdeel worden van het (integrale) omgevingsbeleid. De overheid stuurt dan vanuit de integrale omgevingsvisie op de ruimtelijke clustering van vraag, aanbod, opslag en conversie (meervoudig ruimtegebruik) en het laten aansluiten van Energy Hubs op de karakteristieken van een industrieel, stedelijk of landelijk gebied. In het hoofdstuk [Beleidsadviezen](#) wordt hier nader op ingegaan.

5. Gebiedsontwikkeling en Energy Hubs

Verschuiving in sturingsparadigma

Afhankelijkheid van ambitie Energy Hubs

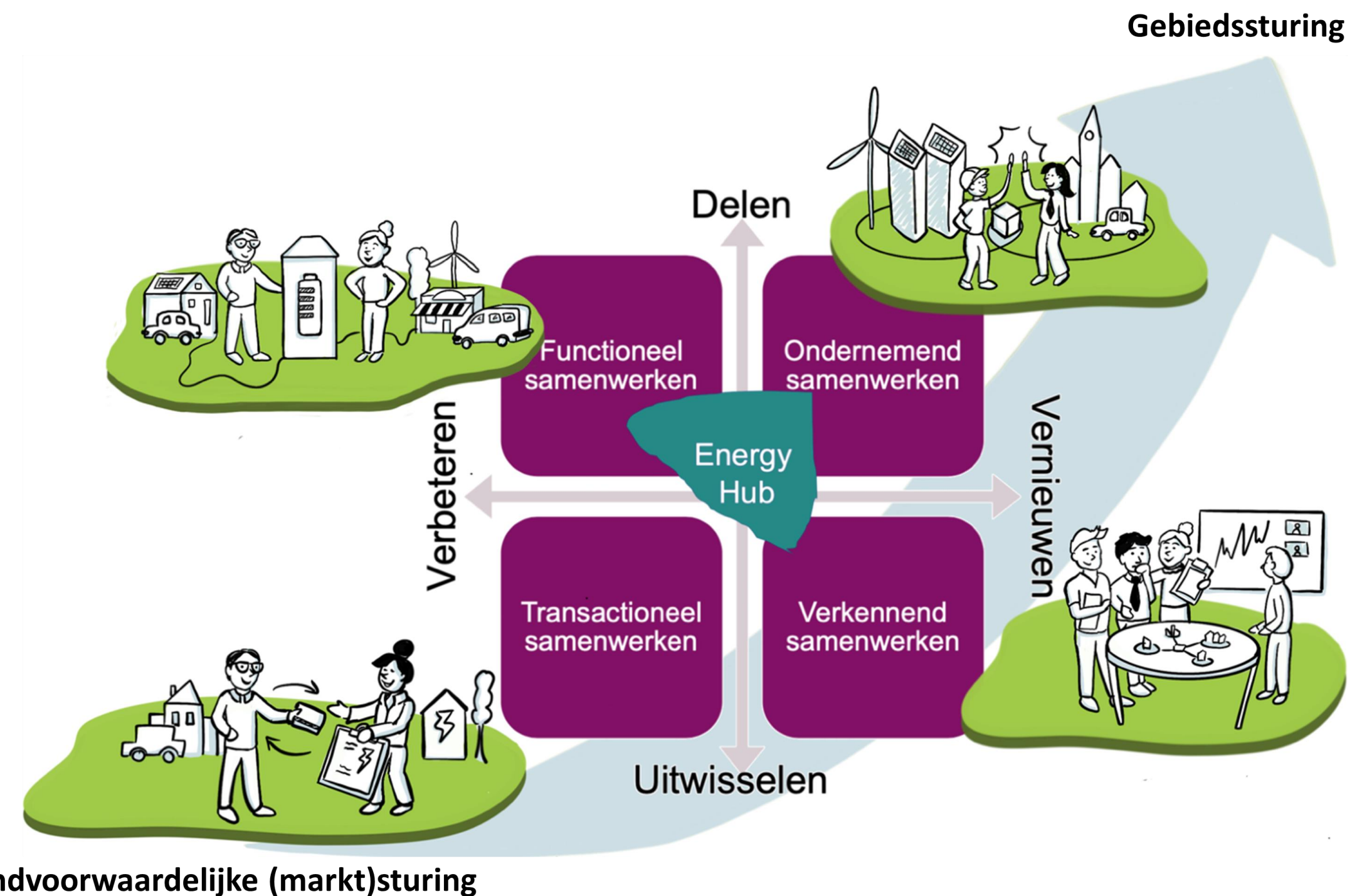
Of het volledige potentieel van de mix van Energy Hubs waar gemaakt kan worden, kan niet los gezien worden van de keuzes die samenwerkende partijen binnen een hub maken. Wat is hun visie op de toekomst, wat zien zij als de gezamenlijke opgave van de hub. Blijven zij dit sec zien als netcongestie en dan primair via een zakelijke afstemming van belangen (transactueel samenwerken) eventueel met inhuur van een externe dienstverlener (functioneel samenwerken). De overheid sluit hierop aan door randvoorwaardelijke beleid. Bijvoorbeeld door het juridisch mogelijk maken van het afdwingen van congestiemanagement door de netbeheerders.

Partijen kunnen ook de “smaak” van het samenwerken te pakken krijgen door te verkennen wat het potentieel is van verdere samenwerken. Bijvoorbeeld wat betreft het leveren van restwarmte van een bedrijventerrein aan een nabijgelegen woonwijk. Energy Hubs kunnen daarbij ook de opgave van sec energie verbreden naar andere thema's, zoals de gezamenlijke toegang tot schoon water of het uitwisselen van grondstoffen (circulariteit).

Van randvoorwaardelijke naar gebiedssturing

De overheid kan hierop sturen via een lange termijn visie op het gebied. Een door vanuit dit beleid consequent te sturen op in bijvoorbeeld haar uitgifte beleid van grond voor nieuwe bedrijven, het reserveren van ruimte voor nutsvoorzieningen en het werken aan draagvlak bij bewoners. Op lange termijn verschuift het accent van een randvoorwaardelijke (markt)sturing naar een sturing vanuit de opgave van het gebied (gebiedssturing). In figuur 13 is deze verschuiving in sturingsparadigma's weer gegeven.

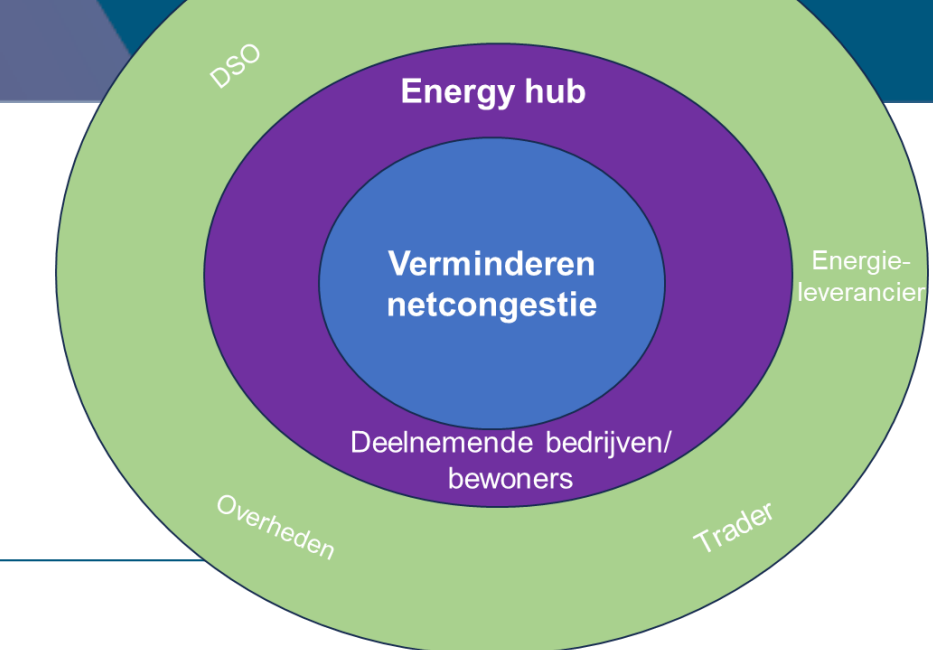
Transactueel samenwerken is het startpunt, streven is ondernemend samenwerken



Figuur 13: Verschuiving in sturingsparadigma

6. Beleidsadviezen





De maatschappelijke opgave centraal

Dit hoofdstuk noemt 3 algemene beleidsadviezen en geeft vervolgens voor 3 opgaven aan wat de specifieke beleidsadviezen zijn. Tussen haakjes is aangegeven aan wie het advies primair gericht is met als toevoeging dat samenwerking met andere partijen veelal een gegeven is.

Accenten in maatschappelijke opgaven verschuiven

Om vanuit het publieke belang tot een effectieve inzet van Energy Hubs te komen, is het zaak om eerst de maatschappelijke opgave centraal te stellen. Voor de korte termijn (tot 2030) staat netcongestie centraal, niet alleen voor de Energy Hub zelf, maar ook vanuit het publieke belang. Het beleid moet het beter benutten van de beschikbare netcapaciteit mogelijk maken, in het bijzonder voor toepassingen met geen betaalbaar alternatief. Voor de periode tot 2040 staat de bijdrage van de Energy Hub aan klimaatneutraliteit centraal. Voor de familie Cluster 6 is dit in ieder geval van belang, omdat de bedrijven die vallen onder het Emission Trade System (ETS) uiterlijk in 2040 geen fossiele CO₂ meer mogen uitstoten. Voor de periode na 2040 is het publiek belang onderdeel van een bredere verduurzamingsopgave, zoals toegang tot schoon water en circulariteit.

Van randvoorwaardelijk naar omgevingsbeleid

De impact voor de omgeving en daarmee ook het publieke belang neemt in de tijd toe. Dat geldt veelal ook voor het aantal stakeholders. Het beleidsinstrumentarium zou hierop aan moeten sluiten. Bij netcongestie ligt het accent meer op randvoorwaardelijk energiebeleid. De verwachting is dat het beleid meer verplichtend gaat worden. Gaandeweg zal het beleid verbreden naar omgevingsbeleid. Per periode geven we beleidsadviezen. We maken hierbij onderscheid tussen energie- en klimaatbeleid en omgevingsbeleid, waarbij het energie- en klimaatbeleid gaandeweg steeds meer een integraal onderdeel wordt van het omgevingsbeleid.

Meteen faciliterende wet- en regelgeving

Gebruikelijk in het overheidsbeleid is dat bij nieuwe ontwikkelingen eerst ingezet wordt op innovatieve pilots. Pas als deze afgerond zijn en aangetoond is dat de maatschappelijke kosten en baten gunstig uitvallen, wordt ingezet op het aanpassen van belemmerende wet- en regelgeving. Vanuit de visie op de bijdrage van Energy Hubs aan de balans in het energiesysteem, is het advies deze volgordelijkheid los te laten. De potentiële bijdrage van hubs is dermate evident, dat er versneld ingezet moet worden op faciliterende wet- en regelgeving.

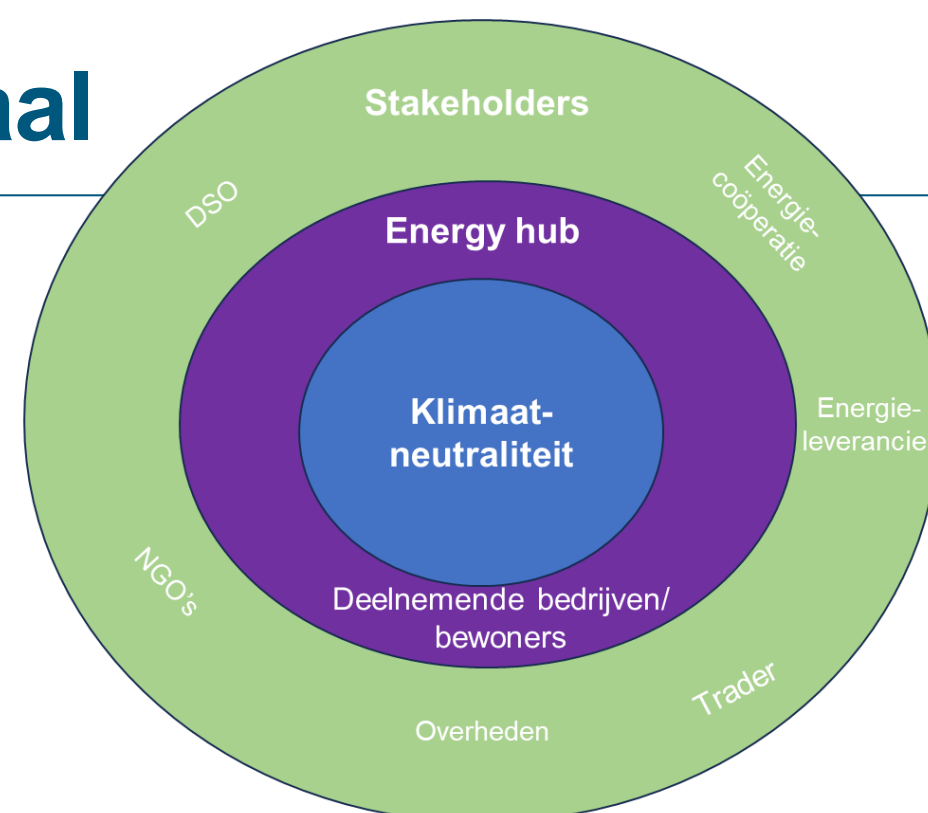
Opgave: verminderen netcongestie

Energie- en klimaatbeleid (door wie)	Omgevingsbeleid (door wie)
Verder vorm geven door regionale netbeheerders aan deling data belasting verzorgingsgebied voor klanten, ook in de tijd. Meer specifiek (bezetting van ring, max. belasting etc). Regelgeving aanpassen (DSO)	Aanpassen van bestemmings-/omgevingsvergunningen (provincie en gemeente)
Afhankelijkheid van hoger netvlak TenneT wordt duidelijk gemaakt, ook in de tijd (TSO en DSO)	
Bij maatschappelijk prioriteren Energy Hubs erkennen als "congestieverzachter" (DSO)	
Visie op energiesysteem op gebiedsniveau vaststellen, incl. bijdrage Energy Hubs. Consequent leidende principe aanhouden: Lokaal wat kan, centraal wat moet (provincie/regio)	Ruimtelijk clusteren van vraag en aanbod, voorkomen van afwenteling in tijd en plaats, inpassing Energy Hubs in ruimtelijke tafels per provincie.
Ontwikkelen van afwegingskader Energy Hubs. Duidelijke prioritering nodig gezien schaarse menskracht TenneT en regionale netbeheerders (DSO en provincie/regio)	Bevorder integrale aanpak en planning met andere thema's met oog op doorlooptijd vergunningprocedures.
Versnellen van introductie benodigde alternatieve transportrechten: Flexibele contracten en congestiemanagement. Door blijven gaan met uitbreiding Groepstransportovereenkomsten, zowel naar grotere gebieden als kleinverbruikers (TSO en DSO)	
Beprijzen van vraag naar transportvermogen (Rijk)	
Mogelijkheid van regionale netbeheerders om congestiemanagement verplichtend op te leggen (Rijk)	
In afwijking van lokaal of regionaal beleid, tijdelijke inzet van gas- of dieselturbines mogelijk maken. Primair gericht op inzet van duurzame brandstoffen (provincie en gemeente).	
Programmatistische uitvoeringsaanpak op regionaal niveau: Sturen op samenhang tussen Energy Hubs met impact verminderen netcongestie op regionaal niveau en inbedding in omgevingsbeleid. Actieve koppeling aan investeringsplannen regionale netbeheerders op MS-niveau en doorvertaling naar TenneT op HS-niveau (provincie/regio/gemeente).	

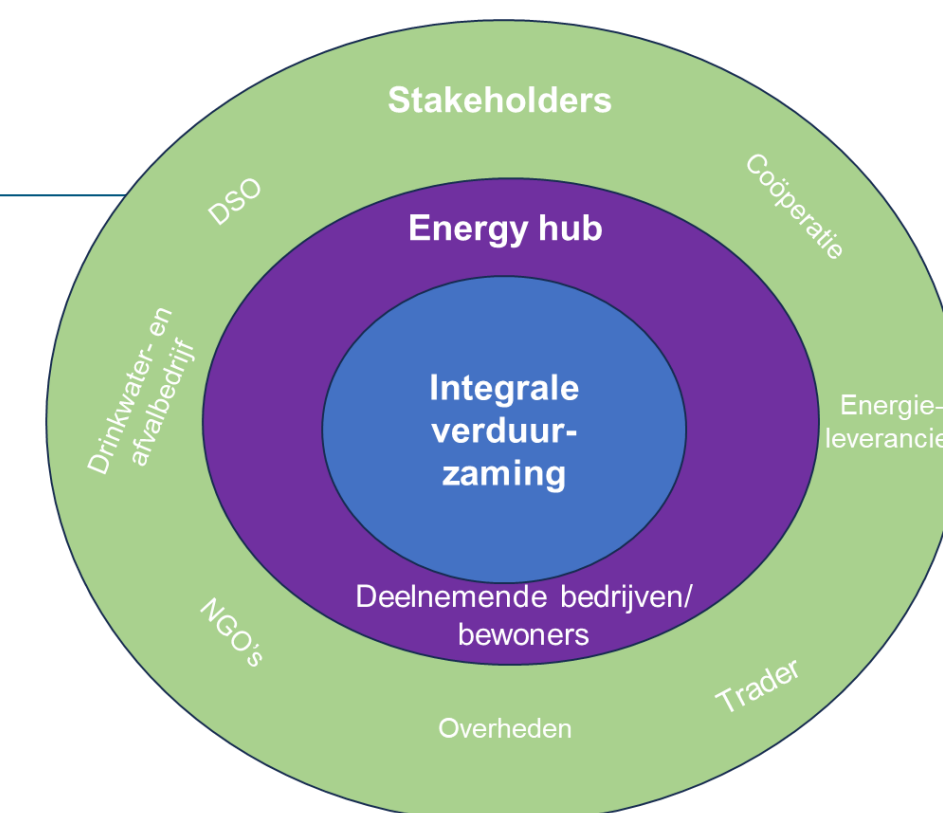
6. Beleidsadviezen

De maatschappelijke opgave centraal

2030-2040



2040-2050



Opgave: Klimaatneutraliteit

Energie- en klimaatbeleid (door wie)	Omgevingsbeleid (door wie)
Visie op energiesysteem op gebiedsniveau vaststellen, focus op bijdrage Energy hubs aan duurzame balans vraag en duurzame opwek, incl. opslag en conversie (provincie/regio/gemeente)	Doorvertaling energievise in omgevingsvisie (provincie/regio/gemeente)
Doorvertalen van visie op Energy Hubs in PMIEK . Netbeheerders vertalen deze door in cyclus Investeringsplannen (vanaf 2026-2035) (provincie)	Inrichting participatie met bewoners en andere stakeholders in omgeving. Verder mogelijk maken van lokaal eigenaarschap decentrale opwek ((provincie/regio/gemeente)
Met prijsprikkels stimuleren van gelijktijdigheid opwek en gebruik op schaalniveau Energy Hub, incl. conversie (Rijk)	Ruimtelijk clusteren van vraag en aanbod, voorkomen van afwenteling in tijd en plaats ((provincie/regio/gemeente)
	Stuur bij vestigingsplaatsbeleid (bijv. gronduitgifte) op bedrijven en projectontwikkelaars die passen in Energy Hubs concept (gemeente)
	Gezien impact klimaatneutrale Energy Hubs op omgeving, stimuleer verdieping en verbreding samenwerking Energy Hubs met stakeholders (provincie/regio)
Programmatische uitvoeringsaanpak op regionaal niveau: Sturen op samenhang tussen Energy Hubs met impact op klimaatneutrale regio en inbedding in gebiedsbeleid (provincie/regio/gemeente)	

Opgave: Integrale verduurzaming

Energie- en klimaatbeleid	Omgevingsbeleid
Inbedding Energy Hubs in integraal verduurzamingsbeleid (provincie/regio/gemeente)	Formuleer als gezamenlijke overheden toekomstbeeld van duurzame hubs in een regio. Vertaal dit door in omgevingsvisie (provincie/regio/gemeente)
Stuur op toepassing criteria maatschappelijk verantwoord innoveren (MVI) bij keuze opwek- en opslagtechnieken (Rijk)	Maak inzichtelijk wat ruimtelijke impact is van duurzaamheidsmaatregelen (naast energievoorzieningen, bijv. ook ruimte voor circulaire investeringen) (provincie/regio/gemeente)
	Toekomstbeeld vertalen in aantal meetbare doelen gekoppeld aan een helder tijdspad, bijv. met duurzaamheidslabel (gemeente)
	Verplichte organisatievorming indien deze niet vanzelf ontstaat (Rijk)
	Zorg voor financiële ondersteuning, risico mitigatie (rijk, provincie)
	Eis integrale planning en benutting koppelkansen tussen thema's (provincie/regio/gemeente)
Programmatische uitvoeringsaanpak op regionaal niveau: Sturen op samenhang tussen Energy Hubs die bijdragen aan integrale verduurzaming op regionaal niveau met inbedding in omgevingsbeleid (provincie/regio/gemeente)	

7. Kennisagenda



7. Kennisagenda

Deze kennisagenda geeft aan wat de belangrijkste kennisvragen zijn die voortvloeien uit dit onderzoek. Het gaat daarbij om 1) Vragen die binnen de scope van dit onderzoek nog niet beantwoord konden worden (bijvoorbeeld de invulling van de Familie Integrale Hub); 2) vragen die opkwamen tijdens het ontwikkelen van de methodologie van het onderzoek. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om de multiplier-analyse.

Afwegingskader

- Er is een groot potentieel aan Energy Hubs. De kennisvraag is: **Hoe te bepalen welke Energy Hubs vanuit het maatschappelijk belang prioriteit moeten hebben.** Immers, zowel de fysieke ruimte als menskracht bij overheden en netbeheerders zijn schaars. Het is waardevol om een publiek afwegingskader te ontwikkelen voor Energy Hubs die gericht ondersteund worden door netbeheerders en overheden.

Bouwstenen Integrale Energy Hubs

- Op regionaal niveau is er potentie van maatschappelijke meerwaarde door te sturen op de samenhang van individuele hubs. De kennisvragen zijn: **Wat zijn de belangrijkste bouwstenen van een Integrale Energy Hub?**

Sturen op samenhang tussen Energy Hubs

- Succesvolle ontwikkeling van Energy Hubs vragen om een lange adem van zowel deelnemende partijen als de omgeving. Daarbij is het al wel steeds duidelijker wat de meerwaarde kan zijn van hubs, maar het traject om daar te komen nog niet. De kennisvraag is: **Hoe kan er gestuurd kan worden op samenhang tussen hubs als ware het holonen in een regio?** Kan hierin bijvoorbeeld een Energy Board op regionale of provinciale schaal een rol spelen? En kan er meer samenhang aangebracht worden het overwegend centrale energiebeleid en het decentrale omgevingsbeleid? Beide zijn nodig, maak kennis voor een groot deel andere uitgangspunten.

Maatschappelijke kosten en baten

Met de voor dit rapport gehanteerde multiplier-analyse en de scope van dit onderzoek is het niet mogelijk om de kosten en baten van Energy Hubs op gebiedsniveau in kaart te brengen. De uitgevoerde multiplier-analyse bestaat uit een top-down analyse van publieke data per gebied. De grote verschillen per gebied konden binnen de scope van dit onderzoek niet meegenomen worden. De kennisvraag is: **Via welke maatschappelijke kosten en baten (MKBA)-methodiek kan een robuust beeld gekregen worden van de bijdrage van Energy Hubs aan gebiedsopgaven?**

Vermeden netinvesteringen

De energie pieken voor dit rapport zijn berekend op basis van het jaarverbruik elektriciteit en standaard vraagprofielen. De analyse biedt inzicht in het verschil in de pieken van elektriciteit afname voor en na elektrificatie. Op basis daarvan kan evenwel nog niet berekend worden wat de bijdrage is van Energy Hubs aan het vermijden van netinvesteringen. De kennisvraag is: **Via welke onderzoeksmethode kan vastgesteld worden welke netinvesteringen niet meer nodig zijn bij inzet op Energy Hubs in een gebied?**

8. Conclusies en aanbevelingen voor vervolg



8. Conclusies en aanbevelingen voor vervolg - Conclusies

Conclusies

1. Programmatische benadering Energy Hub ontwikkeling kan

Een nationale en programmatische benadering van de Energy Hub ontwikkeling is mogelijk langs de lijn van vier families: Energy Hubs in de gebouwde omgeving, Energy Hubs gericht op duurzame mobiliteit, Energy Hubs op bedrijventerreinen en Energy Hubs rond solitaire cluster 6 bedrijven. Bepalend voor het indelen in een familie is de dominante energie activiteit in termen van capaciteit en volume.

2. Energy Hubs laten onderscheiden in 4 families

Energy Hub bouwstenen zoals opslag, conversie, inzet lokale duurzame bronnen en vraag / aanbodsturing zijn vrijwel steeds aanwezig bij de families in verschillende combinaties. Er zijn grote verschillen tussen de families in de organisatie, governance en juridische borging van de Energy Hubs en daarmee in het traject van tot stand komen en exploitatie van de Energy Hub.

3. Lokaal wat kan, centraal wat moet

Energy Hubs laten zien dat het beter mogelijk wordt om lokale bronnen te benutten en vraag en aanbod lokaal in balans te brengen. Er ontstaat een robuust decentraal energiesysteem dat ook strategisch autonoom is van centraal bronnen. Bovendien kan er ingespeeld worden op de behoefte van bewoners en bedrijven om zelf initiatieven te ontplooiën en mede-eigenaar te worden van de eigen energievoorziening.

4. Energy Hub van korte termijn netcongestie aanpak naar klimaatneutrale en integrale verduurzaming aanpak

De ontwikkelagenda voor Energy Hubs wordt tot 2030/2035 bepaald door netcongestie. Aandachtspunt is toekomstbestendige ontwikkeling gericht op klimaatneutraliteit in 2040. Een goede Energy Hub is in staat om deze ontwikkeling door te maken zodat lokale duurzame energie mogelijkheden optimaal worden benut. Voor de nog langere termijn is er nog een groter verduurzamingspotentieel door ook te koppeling te vinden met thema's als toegang tot schoon water, circulariteit en biodiversiteit.

5. Energy Hubs ontwikkelen op regionale schaal

Energy Hubs gaan het pilot stadium verlaten en dienen onderdeel te worden van de gebiedsgerichte energietransitie. Van reactief realiseren naar proactief programmeren. Organisatorisch aansluiten bij regio's is het devies. In de uitvoering is de bijdrage aan het vermijden van netverzwaring in het verzorgingsgebied van een HS/MS station. Planning en ontwikkeling van Energy Hubs vindt dan ook in nauwe samenspraak met de regionale en landelijke netbeheerder plaats.

6. 1.200 cases onderkend

Voor iedere familie is bepaald waar zich kansrijke situaties voordoen voor de ontwikkeling van een Energy Hub om zo door te kunnen groeien. In totaal zijn ongeveer 1.200 Energy Hub cases onderkend verspreid over het hele land. Uitvoering leidt indicatief tot een elektriciteit piek reductie equivalent aan ongeveer 3,2 GW en maakt een CO₂ emissiereductie mogelijk van 1,5 tot 3,7 Mton/jaar. De hoogte van de reductie is afhankelijk van het kunnen inzetten van duurzame energiebronnen, het uitfasen van de inzet van aardgas en het deels elektrificeren van het energiesysteem dat via de Energy Hub wordt bediend.

7. Transactioneel samenwerken is het startpunt, streven is ondernemend samenwerken

Of het volledige potentieel van een Energy Hub waar gemaakt wordt, kan niet los gezien worden van de keuzes die samenwerkende partijen binnen een hub maken. Wat is hun visie op de toekomst, wat zien zij als de gezamenlijke opgave van de hub? Blijven zij dit sec zien als netcongestie en dan primair via een zakelijke afstemming van belangen (transactioneel samenwerken) eventueel met inhuur van een externe dienstverlener (functioneel samenwerken).

Partijen in een Energy Hub kunnen erkennen dat zij de vereiste strategische vernieuwing die past bij de opgave klimaatneutraliteit niet op eigen kracht kunnen bewerkstellingen. Zij realiseren zich dat daar (een) andere partij(en) voor nodig hebben. De samenwerking leidt tot een intensieve, ondernemende samenwerking, waarin de partijen assets, data, (technologische) kennis en relatienetwerk in belangrijke mate met elkaar delen. De partijen eisen van elkaar volledig commitment, juist ook voor de langere termijn. Partijen zijn in hoge mate gelijkwaardig.

Vervolg conclusies volgende pagina.

8. Conclusies en aanbevelingen voor vervolg - Conclusies

Conclusies

8. Passende overheidsbeleid gaat van randvoorwaardelijke (markt)sturing naar gebiedssturing

De overheid kan sturen op de ambitie van Energy Hubs via een lange termijn visie op het gebied. En door vanuit dit beleid consequent te sturen op bijvoorbeeld haar uitgifte beleid van grond voor nieuwe bedrijven, het reserveren van ruimte voor nutsvoorzieningen en het werken aan draagvlak bij bewoners. Voor de korte termijn (tot 2030) staat netcongestie centraal, niet alleen voor de Energy Hub zelf, maar ook vanuit het publieke belang. Het beleid moet het beter benutten van de beschikbare netcapaciteit mogelijk maken, in het bijzonder voor toepassingen met geen betaalbaar alternatief.

Op lange termijn verschuift het accent van een randvoorwaardelijke (markt)sturing naar een sturing vanuit de opgave van het gebied (gebiedssturing). De Energy Hubs worden ingebed in de gewenste gebiedsontwikkeling. De omgeving van een hub en in het bijzonder het overheidsbeleid zal hierin een belangrijke sturende rol moeten spelen.

9. Vanuit lange termijn visie versneld aanpassen van wet- en regelgeving

Conventioneel overheidsbeleid is dat bij nieuwe ontwikkelingen zoals Energy Hubs eerst ingezet wordt op het faciliteren van initiatieven van onderop en pas na bewezen slaagkans de stap gemaakt wordt naar het aanpassen van wet- en regelgeving. Gezien de aangetoonde potentie van Energy Hubs is het van belang om nu al in te zetten op het aanpassen van wet- en regelgeving. Dan gaat het niet alleen om de energiewetgeving, maar ook om inbedding in het omgevingswetinstrumentarium.

10. Prioriteren van Energy Hubs bij aansluitingen en programmering (PMIEK)

Energy Hubs voldoen aan categorie 1 ("Congestieverzachtters") van het ACM code besluit voor maatschappelijk prioriteren, immers zij kunnen een bijdrage leveren aan het vergroten van de beschikbare transportcapaciteit. Voor al geplande uitbreidingen van het energienet, zouden Energy Hubs prioriteit moeten krijgen via de Provinciale Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat.

8. Conclusies en aanbevelingen voor vervolg – Aanbevelingen voor vervolg

Aanbevelingen voor vervolg

Tot slot, de aanbevelingen voor het vervolg. Dit rapport heeft geholpen om grip te krijgen op Energy Hubs zodat de (on)mogelijkheden in een vroeg stadium kunnen worden onderkend en de Energy Hubs een integraal onderdeel kunnen worden van de energievoorziening in de regio. Het rapport biedt ook de basis en handvaten om verder op voort te bouwen bij de inrichting van Energy Hubs en de beleidsmatige ondersteuning hiervan. Hieronder worden de belangrijkste aanbevelingen voor het vervolg gegeven. Deze vloeien voor een deel voort uit de Kennisagenda.

1. Nadere analyse van integrale hubs in regio's

In een regio kunnen meerdere Energy Hubs aanwezig zijn. Afhankelijk van hun aard en de beschikbare infrastructuur kan deze mix van Energy Hubs elkaar aanvullen tot een nog betere balancering van de energiehuishouding. We spreken dan van een integrale hub. Vanwege de zeer sterke gebiedscontext beschouwen we deze hub nog niet als een aparte familie. Dit vraagt om een nadere analyse van wat gezamenlijke bouwstenen zijn. Ook om meer kennis van de specifieke gebiedscontext.

2. Beleidsadviezen per familie

Binnen de scope van dit rapport zijn beleidsadviezen geformuleerd die voor alle 5 families relevant zijn. voor een verdieping van deze adviezen is het raadzaam om deze toe te spitsen op de afzonderlijke families. Ook om hierbij gericht de stakeholders te betrekken. Aangezien er ook grote verschillen kunnen zijn tussen de uitgangssituatie per regio, is het ook raadzaam om uiteenlopende regio's per familie te betrekken.

3. Maatschappelijke kosten baten analyse is gewenst

De multiplier-analyse van dit onderzoek geeft een indicatie van de mogelijkheden van Energy Hubs in Nederland. De analyse is vooral illustratief en richtinggevend bedoelt. De gekozen insteek om tot een analyse van het verzorgingsgebied van een HS/MS onderstation (150 kV) te komen, heeft nog niet geleid tot een voor alle families dekkende inschatting van vermeden CO₂ -emissies en extra ruimte voor duurzame opwek. Een indicatie van vermeden economische schade door de inzet op Energy Hubs is nog grotendeels onontgonnen terrein. Een MKBA is gewenst op basis van representatieve cases voor de verschillende families, alleen zo kunnen we meer inzicht krijgen in de kosten en baten en daarmee in wanneer een energy hub wel / niet moet worden overwogen vanuit het maatschappelijke belang. Hierbij is de actieve betrokkenheid van de regionale en landelijke netbeheerders van belang.

4. Mogelijkheden Energie Hubs op het HS net

Momenteel is er een stagnatie voor de realisatie van energiehubs in het FGU-netvlak (Flevoland, Gelderland, Utrecht). Energiehubs mogen hier alleen worden gerealiseerd met toestemming en maatwerk van TenneT, vanwege complicaties en onzekerheden over de impact op het hoogspanningsnet. Nu met de archetypen in beeld moet er een onderzoek worden uitgevoerd naar de impact van deze archetypen op het hoogspanningsnet. Dit onderzoek moet bepalen hoeveel hubs mogelijk is voor de verschillende delen van het hoogspanningsnet, welke archetypen niet geschikt zijn en wat er nodig is om deze wel mogelijk te maken. Op deze manier kunnen netbeheerders maatwerk in deze netvlakken voorkomen en de gevolgen voor andere netvlakken in kaart brengen.

5. Toepassen Energy Hubs methodiek ook voor andere opgaven

De aanpak om vraag en aanbod van energiestromen bij elkaar te brengen en te kijken naar opslag en conversie kan ook toegepast worden op andere opgaven, zoals de wateropgave (toegang tot schoon drinkwater) en de circulaire opgave (toegang tot reststromen). Andersom kunnen Energy Hubs ook leren van al langer bestaande mobiliteitshubs, zowel in het personen-als goederenvervoer. Het is waardevol als overeenkomsten en verschillen tussen stakeholders worden gedeeld.

Bijlagen

A. Verdieping onderzoeksaanpak

- i. Analyse energiesysteem
- ii. Analyse driehoek organisatorisch, governance en juridisch
- iii. Multiplier-analyse

B. Bronnen

C. Databases

D. Klankbordgroep

E. Overzicht effecten op bedrijventerreinen

F. Definities en afkortingen

Uitbestedings- en financieringsmogelijkheden voor Energy Hubs*

Fases		Uitbestedingsvormen							Opdrachtgever		Investeerders	
1	Verkennen	Zelf doen	Initiatie en exploitatie zelf uitvoeren	Tot en met concept ontwerp zelf uitvoeren, keuze om exploitatie te laten uitvoeren door derden	Vanaf detail ontwerp door derden laten financieren en uitvoeren	D&C	DB&M	DBOM	FBOT	Gebouwde omgeving	• Gemeente, RES	<ul style="list-style-type: none"> Eigen kapitaal, crowdfunding, subsidie/garantstelling overheden scheningen en angels, Ontwikkelingsmaatschappij
	2									Ontwerpen	Bedrijventerreinen	
3	Realiseren	Traditioneel	CM	D&C	DB&M	DBOM	FBOT	Gebouwde omgeving	• Energie coöperatief	<ul style="list-style-type: none"> Energy Hubs providers Ventures capital, Regionale fondsen, Banken, Verzekeraars, Pensioenfondsen 		
	4	Assetmanagement & Exploitatie						Bedrijventerreinen	• Bedrijven, Parkmanagement, Energie coöperatief			
								Cluster 6	• Cluster 6 bedrijf			
								Mobiliteit	• Laad exploitant(en) of energie coöperatief			

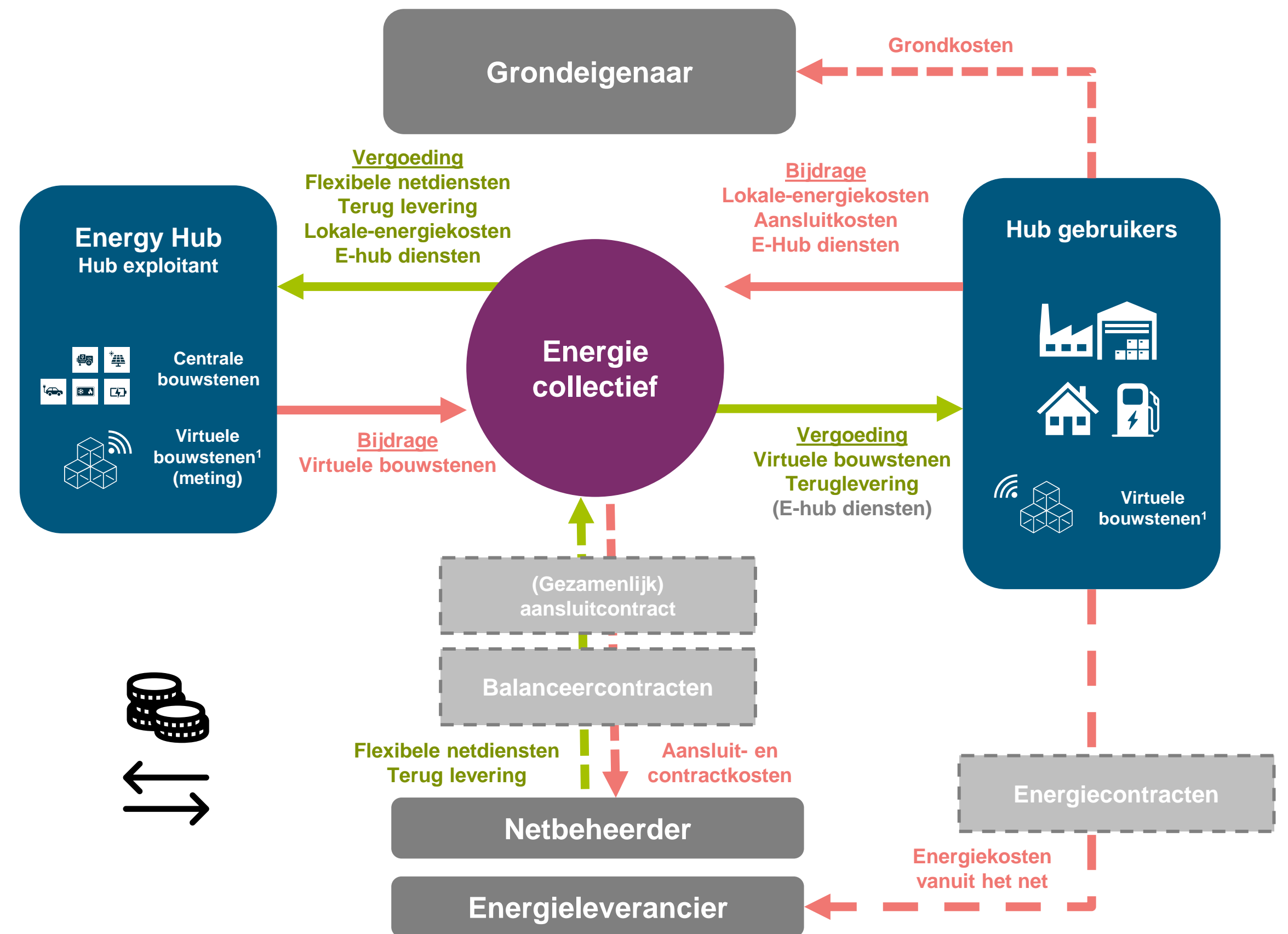
De ontwikkelingsfase van een Energy Hub is kapitaalintensief, met de realisatiefase als hoogtepunt. Afhankelijk van het beschikbare eigen vermogen en capaciteit, variëren de uitbestedingsopties van volledige zelfuitvoering tot financiering en uitvoering laten ontzorgen door derden (ESCo). De gebouwde omgeving bestaat voornamelijk uit huishoudens en MKB's met beperkt eigenkapitaal, waardoor de gemeenten of RES-regio's vaak initiatiefnemers zijn en soms als mede investeerders fungeren. Bedrijventerreinen kunnen initiatieven zijn van zowel overheden als bedrijven, grondeigenaren of parkmanagement. Cluster 6, gekenmerkt door zijn solitaire ligging, wordt vaak geleid door het bedrijf zelf of de gemeente, indien er kansen zijn voor de gebouwde omgeving. Verkenning voor mobiliteitshubs komen meestal vanuit laad- of OV-exploitanten, met de rijk als ondersteunende spelers voor servicegebieden. Voor de realisatiefase ontstaan vaak energiecollectieven of coöperaties die als opdrachtgevers optreden, in deze fase is de businesscase voor de Energy Hub concreet en verschuiven investeerders naar Energy Hub providers of traditionele financiële instellingen..

CM: Construction management; DBOM: Design, Build, Operate and Maintain; DB&M: Design Build & Maintain; D&C: Design & Construct; FBOT: Finance, Build, Operate & Transfer

Bijdragen en vergoedingen binnen een Energy Hub

De bijdragen en vergoedingen binnen een Energy Hub kunnen variëren, afhankelijk van de specifieke situatie. Centraal staat meestal een energiecollectief (bijvoorbeeld een energiecoöperatie), dat beslissingen neemt en vergoedingen en bijdragen verdeelt volgens vooraf vastgestelde afspraken. Dit collectief omvat zowel de gebruikers van de hub als de exploitant ervan. Aan de periferie bevinden zich de utiliteitsdiensten (zoals de netbeheerders en energieleverancier) en de grondeigenaren, die soms ook deel uitmaken van het collectief. In figuur 14 is een voorbeeld van een model opgenomen van hoe de bijdragen en vergoedingen tussen de partijen kunnen stromen.

- Hub gebruikers:** de hub gebruikers vormen een diverse groep van bedrijven, woningen en/of laadexploitanten die besluiten deel uit te maken van een collectief. Elke gebruiker heeft zijn eigen verbruik en soms ook opwek, die wordt gerealiseerd door middel van virtuele bouwstenen. Dit resulteert in **vergoedingen bestaan uit het lokale gebruik van virtuele bouwstenen, netto terug levering** en eventuele **E-hub diensten** als de gebruiker contractuele capaciteit opgeeft. Daar tegenover staan **bijdragen aan de lokale energiekosten, aansluitkosten en E-hub diensten**.
- Energy Hub exploitant :** de exploitant functie van de Energy Hub kan worden verzorgd door de energiecoöperatie zelf of door een externe partij (een Energy Hub provider). Deze partij is verantwoordelijk voor de exploitatie en het onderhoud van de centrale en virtuele energiebouwstenen. **Vergoedingen omvatten lokale energiekosten** voor de centrale bouwstenen, **vaste E-hub diensten, terug levering aan het net** en eventuele **flexibele netdiensten**. De **bijdragen bestaan enkel uit energiekosten** gerelateerd aan de energievergoeding voor de virtuele bouwstenen gelegen bij de hub gebruikers.
- Utiliteitsdiensten:** de utiliteitsdiensten worden meestal geleverd door de netbeheerders en de energieleverancier (voor zowel elektriciteit als warmte). **Vergoedingen aan het energiecollectief bestaan uit flexibele netdiensten en terug levering**. De **bijdragen vanuit het collectief omvatten de verzameling van aansluitkosten en vaste contractkosten**. Het is gebruikelijk dat binnen de meeste Energy Hubs aparte energiecontracten worden behouden (via een meetbedrijf), wat betekent dat individuele gebruikers hun energiekosten direct met de energieleverancier verrekenen.
- Grondeigenaar:** de grondeigenaar ontvangt een vergoeding voor de kosten voor het gebruik van de grond. Afhankelijk van de omstandigheden rond de oprichting van de Energy Hub, kan de grondeigenaar ook een initiërende rol spelen en/of centraal staan binnen de organisatie van de Energy Hub. Dit is vaak het geval bij nieuw ontwikkelde bedrijventerreinen zonder netcapaciteit. Om grond zonder netcapaciteit aantrekkelijk te maken, **kan de grondeigenaar ervoor kiezen om de diensten van de Energy Hub op te nemen in de grondprijs**.



Figuur 14: Bijdragen en vergoedingen

1) Virtuele bouwstenen zijn opwek, opslag of conversie bouwstenen die gelegen zijn achter de meter bij een hub gebruiker, denk aan Zon PV op dak of WKKs.

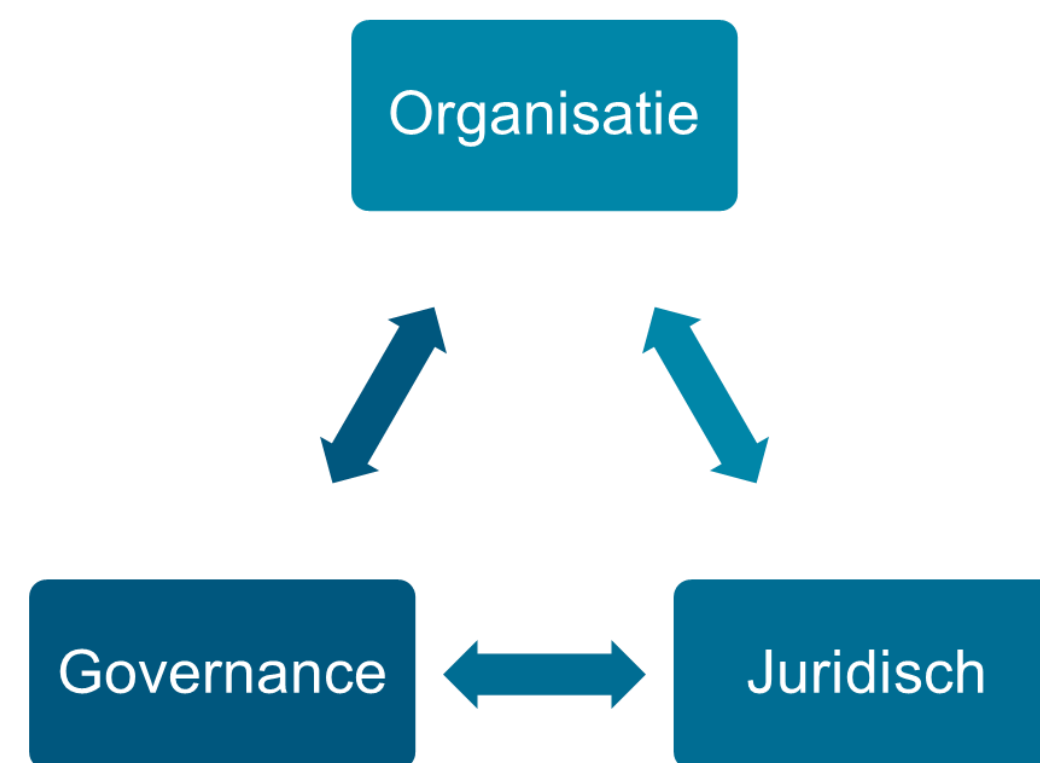
Driehoek Organisatie-Governance-Juridisch

Driehoek

Om het organiseren van een Energy Hub te verduidelijken kijken we naar drie aspecten die nauw met elkaar samenhangen: Organisatie – Governance - Juridisch:

- **Organisatie:** verwijst naar mate van samenwerking tussen verschillende partijen die betrokken zijn bij een Energy Hub. Hieronder valt ook het duidelijk in beeld hebben welke partijen relevant zijn en welke rol zijn vervullen in de Energy Hub, vanaf voorbereiding t/m exploitatie
- **Governance:** verwijst naar het bestuur en besluitvorming binnen de Energy Hub. Hoe worden besluiten genomen? Wie is verantwoordelijk voor wat en hoe zijn de eigendomsverhoudingen ingericht?
- **Juridisch:** dit omvat de wettelijke aspecten van een Energy Hub. Om een Energy Hub te borgen is een juridische entiteit nodig. Denk aan contracten, overeenkomsten en statuten. De juridische gereedschapskist van RVO kan hierbij nuttig zijn.

Voor elk van deze aspecten zijn een aantal hoofdvragen relevant om belangrijk om te beantwoorden. Deze worden per aspect behandeld.



Figuur 15: Driehoek Organisatie-Governance-Juridisch

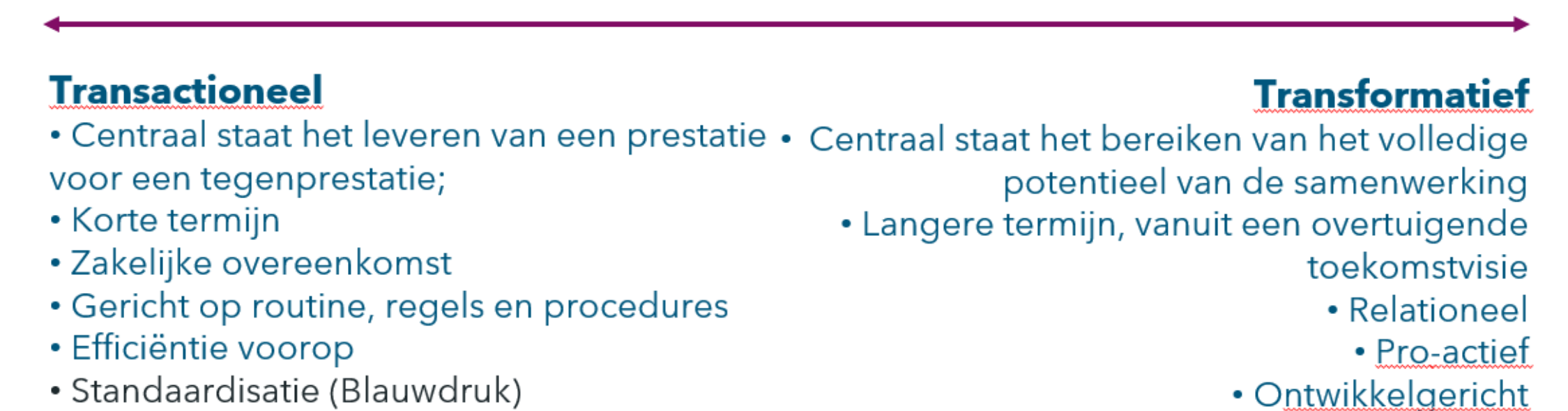
Hoe te organiseren?

Zes vragen

1. Wat is het karakter van de samenwerking (**transactioneel of transformatief**)?
2. Is het doel gezamenlijk **optimaliseren of innoveren**?
3. Staat het **uitwisselen of delen** van data, kennis en/of assets centraal?
4. Wat zijn de **sleutelrollen**?
5. Hoe is de fit tussen de **strategische dimensies** van de samenwerking?
6. Welke **grondvorm van samenwerking**?

Vraag 1: Transactioneel of transformatief?

In het samenwerken kan er gekozen worden voor een transactionele benadering, waarbij de focus ligt op het leveren van concrete resultaten. De focus kan ook liggen op het transformatieve benadering. Deze is gericht op het bereiken van het volledige potentieel van de samenwerking. In de onderstaande figuur benoemen we de belangrijkste kenmerken van beide.



Figuur 16: Transactioneel of transformatief

Bijlage A: Verdieping onderzoeksanpak - Organisatie

Driehoek Organisatie-Governance-Juridisch

Vraag 2: Optimaliseren of innoveren?

De essentie van deze vraag is of de samenwerking gericht is op het beter en slimmer benutten van de bestaande netcapaciteit (optimaliseren) of dat er gezocht wordt naar andere manieren van werken, bijvoorbeeld door slim activiteiten te combineren.

Tabel 12: Optimaliseren of innoveren

Optimaliseren		Innoveren
Opdrachtgever-opdrachtnemer		Gelijkwaardig
Korte termijn	↔	Middellange en lange termijn
Resultaatbeschrijving	↔	Ambitie en doelstellingen
Beter	↔	Anders
Stabiliteit en continuïteit	↔	Creativiteit
Stap voor stap	↔	Sprongen

Vraag 3: Uitwisselen of delen?

De betekenis van deze vraag is of samenwerkende partijen een relatief losse relatie aan gaan door het uitwisselen van bijv. energiedata onder strikte voorwaarden of dat zij een stukje autonomie opgeven door bijvoorbeeld opslagsystemen te delen

Tabel 13: Uitwisselen of delen

Uitwisselen	↔	Delen
Passende partners	↔	Unieke partners
Inwisselbaar	↔	Exclusief
Onafhankelijk	↔	Afhankelijk
Consent	↔	Consensus*
Randvoorwaardelijk belang	↔	Primair belang**

* Waar het er bij consensus om gaat dat all partners in de Energy Hub het met het besluit eens moet zijn, gaat het er bij consent om dat niemand het er fundamenteel mee oneens is.

**Bij uitwisselen van data, kennis of assets tussen partners in een Energy Hub is de samenwerking van randvoorwaardelijk belang voor het realiseren van de bedrijfsdoelstellingen. Bij het delen is de samenwerking een fundamenteel onderdeel van het realiseren van de bedrijfsdoelstellingen.

***Bron: Eigen (2023), Energie Hubs voor inpassing grootschalige hernieuwbare energie. Blauwdruk voor bedrijventerreinen

****Bron: : Rocc (2024), Handelingsperspectief gemeenten voor initiatie van Energy Hubs' in opdracht van RVO en TKI Urban Energy

Vraag 4: Welke sleutelrollen?

In het organiseren heb je te maken met verschillende sleutelrollen van private of publieke bedrijven en overheden. Hieronder geven we de belangrijkste rollen aan.

Mogelijke rollen private of publieke bedrijven***

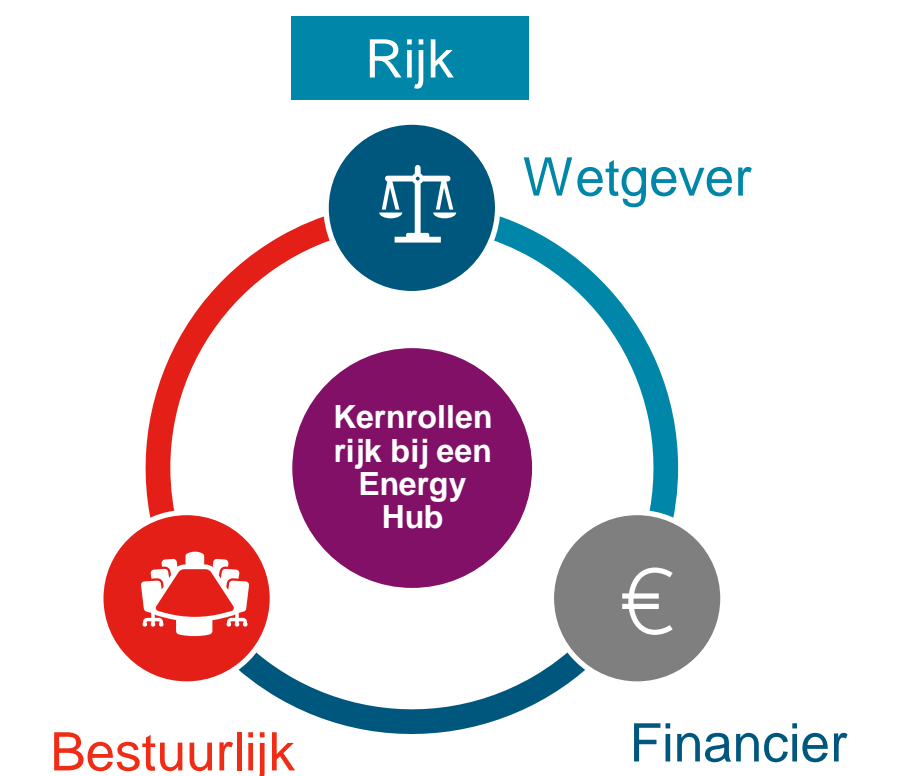
Actieve klant	De rol van een Actieve Klant (ook wel: Prosumer) is het verbruiken, opwekken of opslaan van elektrische energie binnen de eigen locatie.
Energieleverancier	Een energie leverancier levert elektriciteit aan of neemt elektriciteit af van een entiteit, die verbonden is met het elektriciteitsnet via een meetpunt.
Energy Service Company (ESCO)	Een Energy Service Company levert ondersteunende, energie gerelateerde diensten aan Actieve Klanten. Deze diensten omvatten: • Het bieden van inzicht in verbruik en opwek • Het optimaliseren van energiestromen • Conditie monitoring en onderhoud van flexibele assets.
Netbeheerder	De netbeheerders hebben twee hoofdtaken: zij beheren de fysieke netinfrastructuur en zij faciliteren het functioneren van de markt. De netbeheerders hebben een wettelijke taak om gezamenlijk codevoorstellen te doen. Netbeheer Nederland coördineert dit proces.
Trader	Een Trader koopt energie van marktpartijen en verkoopt deze weer door aan andere marktpartijen op de groothandelsmarkt, hetzij rechtstreeks op bilaterale basis of via de D-1 en Intraday markten (via de beurs).

Tabel 14: Sleutelrollen

Mogelijke overheidsrollen



Figuur 17: Mogelijke rollen en gemeenten



Figuur 18: Mogelijke rollen Rijk

Driehoek Organisatie-Governance-Juridisch

Vraag 5: Strategische fit

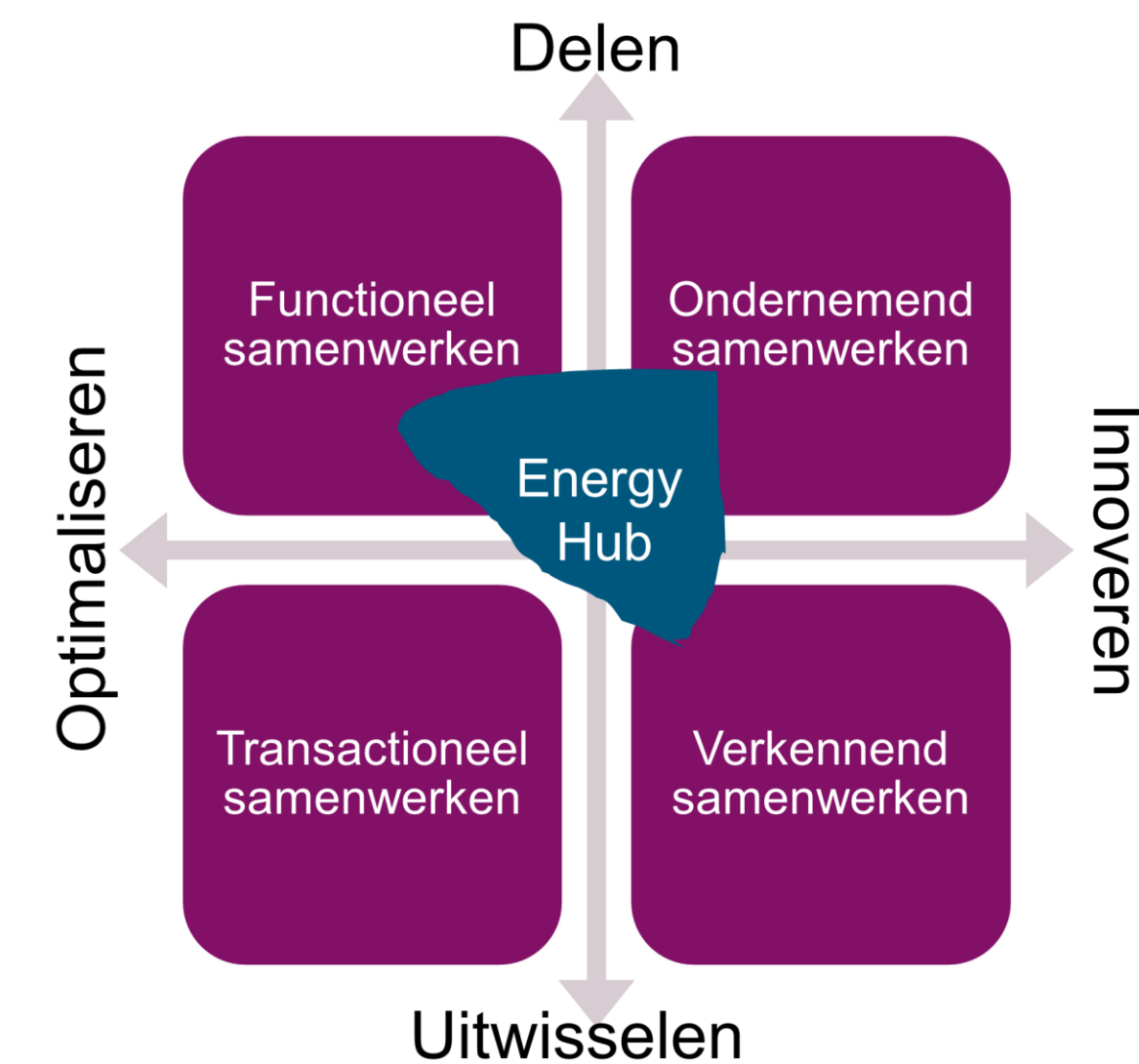
Hoe je het ook aanpakt, er moet sprake zijn van een strategische fit in de beantwoording van de hoofdvragen op het aspect organisatie. Dan pas wordt namelijk duidelijk of de samenwerking past in de strategieën van de afzonderlijke organisaties. Met onderstaande figuur bieden we tot slot een raamwerk om de hoofdvragen op elkaar af te stemmen. Om ook de verbinding te leggen met de organisatie van de samenwerking met de omgeving van een Energy Hub hebben we deze aangevuld met het onderdeel "Participatie". Bij iedere vraag geven we de uitersten in het organiseren aan op een schaal van 1 tot 10. Hoe beter op elkaar afgestemd, des te beter de strategische fit.



Figuur 19: Strategische fit samenwerking

Vraag 6: Welke grondvorm van samenwerking*

Op grond van de uitersten in de organisatie van een Energy Hub komen we tot vier grondvormen van de samenwerking. We hanteren twee assen: **Optimaliseren-Innoveren** en **Uitwisselen-Delen**. In de toelichting per grondvorm komen alle vragen uit de strategische fit terug. Per familie zullen we die in hoofdstuk 5 uitwerken. Van belang is dat de keuze van een grondvorm door de in een hub samenwerkende partijen een **bewuste keuze** is, die gebaseerd moet zijn op de opgave die de hub voor zich gesteld heeft. Op korte termijn kan dit sec netcongestie zijn. Dit kan opschuiven naar klimaatneutraliteit.



Figuur 20: Grondvormen van samenwerking

Bron: Mede gebaseerd op Edwin Kaats-Wilferd Opheij, 'Leren samenwerken tussen organisaties' (2012)

Driehoek Organisatie-Governance-Juridisch

Governance. Hoe te sturen?

Vier vragen

Private sturing

1. In hoeverre moet er consensus zijn over het doel van de samenwerking binnen een hub? En met de omgeving?
2. Bij welke partij zou het eigenaarschap moeten liggen?
3. Hoe selecteer je wie je moet betrekken?

Publieke sturing

4. Welk publiek sturingsarrangement moet centraal staan?

Vraag 1: Consensus over de opgave

Belangrijk uitgangspunt van deze studie is dat betrokken partners consensus hebben over het doel van de samenwerking of anders gezegd, wat is de opgave? Dat kan op korte termijn netcongestie zijn. Om goed gebruik te kunnen maken van het potentieel van de Energy Hub is er veel voor te zeggen het doel van de samenwerking in te bedden in een lange termijn visie. Dat kan het doel verschuiven naar klimaatneutraliteit. Ook al om te voorkomen dat op langere termijn de doelstellingen van de partners gaan conflicteren.

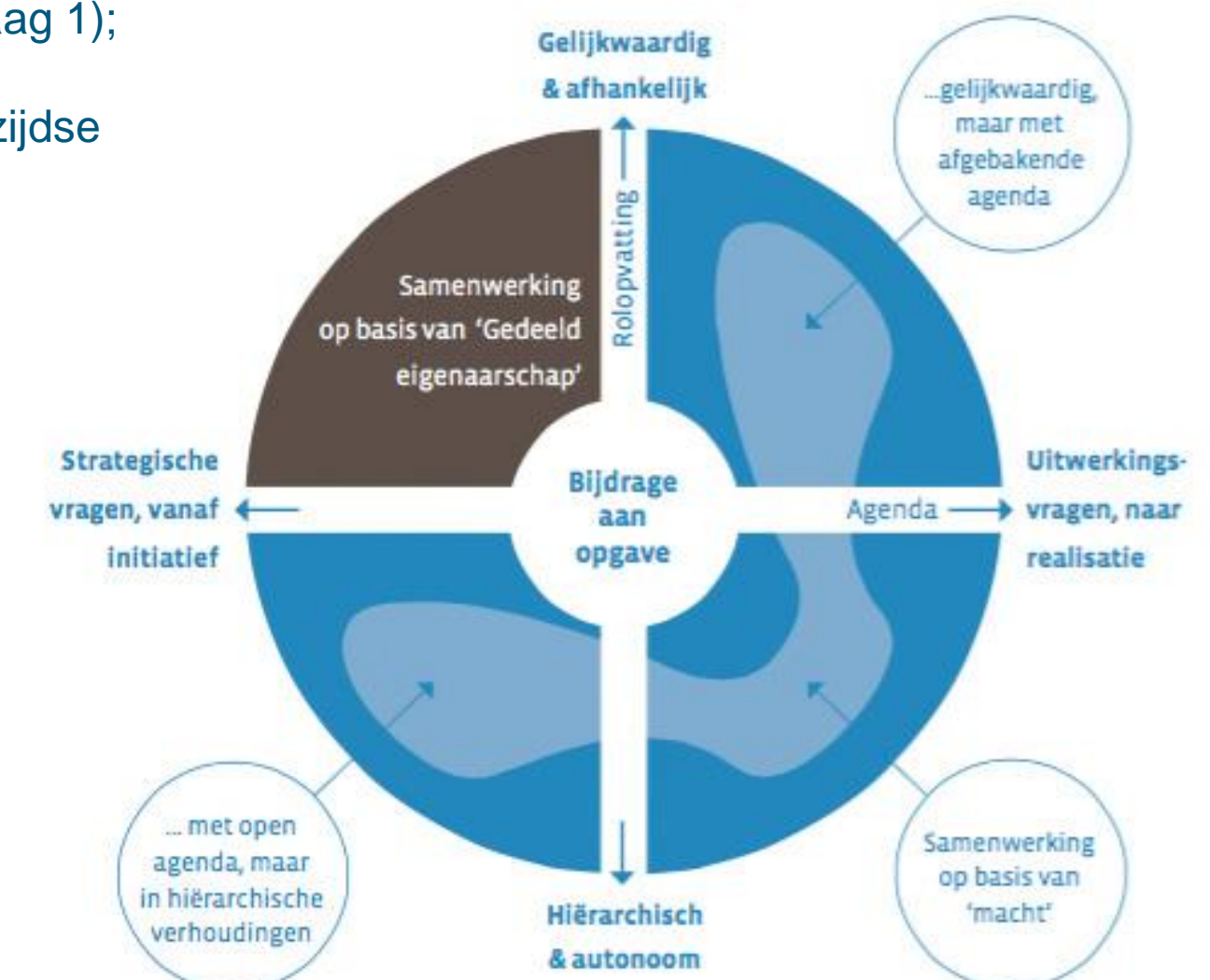
Vraag 2: Bij welke partij zou het eigenaarschap moeten liggen?

Governance gaat over sturen. In het sturen op Energy Hubs is eigenaarschap van belang. Wie voelt zich verantwoordelijk voor de realisatie van de opgave? Dit is afhankelijk van onder meer de volgende factoren:

- Schaalgrootte en energieverbruik van de partijen in een Energy hub.
- Belang dat partijen hebben bij de samenwerking.
- In hoeverre is er behoefte om het eigenaarschap waarvan te formaliseren? Is er behoefte aan 1 eigenaar of wordt er gekeken naar collectief eigendom (zie ook juridisch)?
- Formaliseren van het eigenaarschap geeft zekerheid, maar kan ook inflexibel zijn. Bovendien kan dit ertoe leiden dat de andere betrokken partijen een meer afwachtende houding aan nemen.

Het eigenaarschap moet aansluiten bij de grondvorm van samenwerking. In het geval van transactioneel samenwerken kan er voor gekozen worden om het eigenaarschap bij de meest belanghebbende partij te beleggen. Bij ondernemend samenwerken sluit de inzet op “gedeeld eigenaarschap” van een Energy Hub aan. Gedeeld eigenaarschap ontstaat indien er sprake is van:

- Een gedeelde opgave (zie vraag 1);
- Een open agenda;
- Gelijkwaardige relatie (wederzijdse afhankelijkheid*).



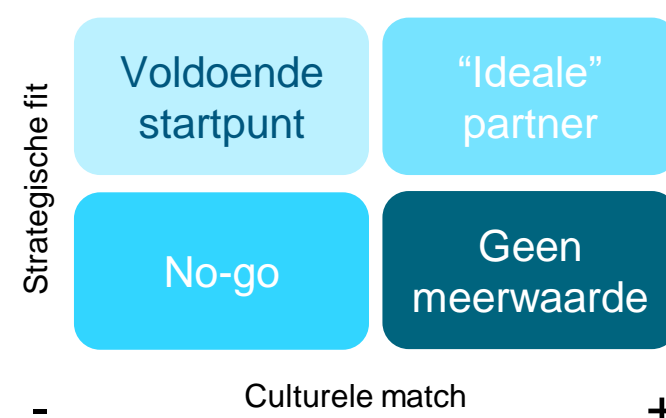
Figuur 21: Gedeeld eigenaarschap

Driehoek Organisatie-Governance-Juridisch

Vraag 3: Hoe selecteer je wie je moet betrekken?

Het succes van de Energy Hub wordt voor een belangrijk deel bepaald door of de partijen bij elkaar passen. Het selecteren van de partners moet dus bewust gebeuren. Wat zijn de criteria op basis waarvan partners geselecteerd kunnen worden? Uit de vraag komt in feite een “blauwdruk perspectief” naar voren, als ware een afvinklijst die afgelopen kan worden en voilà, de juiste partners zijn gevonden. Zo eenvoudig is dat niet, de kunst is om een proces in te richten waarbij vanuit een gedeelde opgave partijen waarde willen toevoegen aan de Energy Hub. Ga op zoek naar een gezamenlijk vertrekpunt in taal en criteria. Belangrijke criteria zijn vervolgens:

- Partij heeft **strategische fit** met de andere partners (zie ook bij "Organisatie"). Iedere partij moet een aantoonbare waarde toevoegen aan de Energy Hub. Dit kan getoetst worden aan de bouwstenen van dit rapport, zowel bij energiesysteem (data, assets) als organisatie-governance-juridisch (kennis, proces, diensten).
- Een **culturele match** waarbij partijen elkaars normen en waarden, met overeenkomsten en verschillen, begrijpen en respecteren. Partijen onderschrijven gedragsafspraken, bijv. verplichte aanwezigheid bij hub bijeenkomsten of partijen spreken elkaar aan op het niet nakomen van afspraken.



Figuur 22: Selectie deelnemers

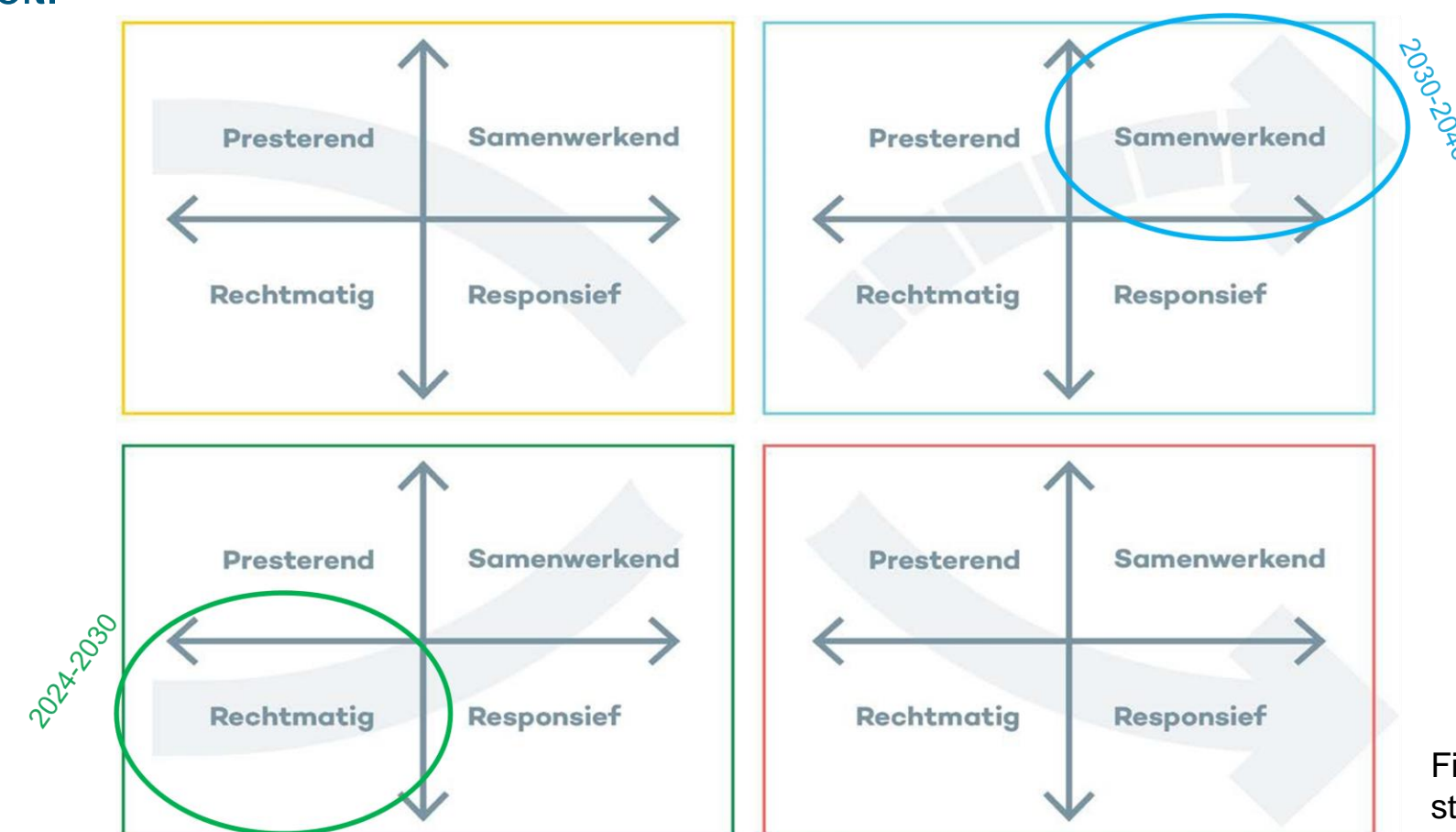
Vraag 4: Welk publiek sturingsarrangement moet centraal staan?

Er kan een publiek belang zijn bij het slagen van een Energy Hub. Dit belang neemt toe bij een grotere impact op het gebied waarin de hub gehuisvest is. Het kan daarmee gelegitimeerd zijn om vanuit het publieke belang te sturen als overheid. De vraag is dan hoe? Welk sturing centraal moet staan is sterk afhankelijk van de gebiedscontext en om welke familie Energy Hub het gaat. Hierover meer in de hoofdstukken 5 (“families”) en 6 (“Gebied/Regio en Energy Hubs”). Voor hier volstaan we met de figuur hiernaast. Hierin worden de binnen de overheidsprofessionals breed geaccepteerde NSOB-sturingsparadigma’s* gecombineerd met de binnen transitieprofessionals gerenommeerde DRIFT X-curve.**

Conventioneel overheidsbeleid is dat bij nieuwe ontwikkelingen zoals Energy Hubs eerst ingezet wordt op het faciliteren van initiatieven van onderop (rechtsonder, de “responsieve overheid”) en pas na bewezen slaagkans de stap gemaakt wordt naar het aanpassen van wet- en regelgeving (linksonder, de “rechtmatige overheid”). Voor de ontwikkeling van Energy Hubs is juist de bestaande wet- en regelgeving het knelpunt, bijv. dat er nog geen Groep Transport Overeenkomsten (GTO) zijn. Op korte termijn (2024 tot 2030) is het daarom van belang dat:

- Er versneld wettelijke regels en kaders komen die Energy Hubs mogelijk maken. Denk aan netcodes die koppeling van vraag en aanbod op locatie stimuleren.
- Energy Hubs niet allen vanuit energiewetgeving mogelijk worden gemaakt, maar ook vanuit inbedding in omgevingswetinstrumentarium (bijv. ruimte voor batterijopslag).
- Energy Hubs vanuit publieke belang prioriteit krijgen in investeringsplannen van de netbeheerders (opname in PMIEK), zodat de bijdrage van hubs aan grootste noden netcongestie mogelijk wordt.

Op middellange termijn (2030 tot 2040) moet de samenwerking tussen hubs en overheden opgeschaald worden, zodat de volle potentie van energy hubs aan klimaatneutraliteit op gebiedsniveau benut wordt. Koppeling wordt gemaakt met andere duurzaamheidsthema’s, zoals circulariteit.



Figuur 23: Keuze publiek sturingsarrangement

* Bron: NSOB (2020), Samenhang vraagt sturing en Taal voor transitie.

**Bron: Drift (2017), Staat van transitie: Patronen van opbouw en afbraak in vijf domeinen

Driehoek Organisatie-Governance-Juridisch

C. Hoe juridisch te borgen? Vijf vragen

1. Welke gemeenschappelijk doel dient juridisch geborgd te worden?
2. Wie zijn de betrokken partijen bij het gemeenschappelijk doel en hoe zijn de onderlinge verhoudingen?
3. Welke juridische vorm/entiteit past het beste bij het gemeenschappelijk doel van de hub binnen de 5 type families (Familie A t/m E)?
4. Welke kernafspraken zijn nodig tussen betrokken partijen om tot realisatie van de hub te komen? → **Ontwikkeling op korte termijn**
5. Welke kernafspraken zijn nodig tussen betrokken partijen om tot exploitatie van de hub te komen? → **Exploitatie op lange termijn**

Vraag 1: Welk gemeenschappelijk doel dient juridisch geborgd te worden?

Centraal bij een initiatief en daarbij beoogde samenwerking, is het eenduidig en helder omschrijven van het gemeenschappelijke doel. Kernvraag is: Wat willen partijen met elkaar verwezenlijken? Pas als deze vraag is beantwoord, worden afspraken die horen bij dit doel juridisch vastgelegd in een contract.

Vraag 2: Wie zijn de betrokken partijen bij het gemeenschappelijk doel en hoe zijn de onderlinge verhoudingen?

Als het gemeenschappelijke doel is omschreven, moet worden geïventariseerd welke partijen nodig zijn om deze te ontwikkelen en exploiteren. Als die partijen geïdentificeerd zijn, zal moeten worden bepaald hoe de bestaande juridische verhoudingen tussen die partijen zijn. Kernvraag daarbij is: Welke contractuele afspraken gelden tussen welke partijen en welke wet- en regelgeving is van toepassing?

Vraag 3: Welke juridische vorm/entiteit past het beste bij het gemeenschappelijk doel van de hub?

Als het gemeenschappelijke doel is omschreven en de partijen zijn bepaald, dient op basis daarvan onderzocht te worden welke juridische organisatievorm passend is om het gemeenschappelijke doel te ontwikkelen en op termijn te exploiteren. Deze juridische vorm/entiteit kan dus als 'middel' voor het beoogde 'doel' worden gezien. Hierbij moet men denken aan een op te richten rechtspersoon of deelnemers die juridisch vormgeeft aan de contractuele verhoudingen tussen partijen.

Driehoek Organisatie-Governance-Juridisch

Vraag 4: Welke kernafspraken zijn nodig tussen betrokken partijen om tot realisatie van de hub te komen? → **Ontwikkeling op korte termijn**

Op korte termijn zullen voor het ontwikkelen van de hub tussen partijen afspraken moeten worden gemaakt over de organisatie, financiering, taakverdeling, risico's en andere juridische voorwaarden voor deelneming met als doel om tot ontwikkeling van de hub te komen.

Vraag 5: Welke kernafspraken zijn nodig tussen betrokken partijen om tot exploitatie van de hub te komen? → **Exploitatie op lange termijn**

Is de hub gerealiseerd, dan treedt de fase van exploitatie van de hub in. Dit is doorgaans het moment van feitelijke ingebruikname van de hub. In de exploitatiefase is er ook behoefte aan een juridische organisatievorm, maar is van karakter wezenlijk anders dan tijdens realisatie van de hub. In de exploitatiefase dient de hub te worden beheerd en te worden geëxploiteerd. Daarbij past doorgaans een andere juridische organisatievorm (zoals een rechtspersoon en/of deelneming) die rekening houdt met de toe- en uittreding van deelnemers in de hub en die de continuïteit van het gemeenschappelijk doel garandeert. Dit resulteert in een pakket aan juridische voorwaarden tussen de exploitant van de hub en de deelnemers in de hub.

Berekeningen vermeden CO₂ en verlichten van de piekbelasting

Aannames voor de multiplier-analyse

Algemeen

1. De net-congestie analyse is gedaan op basis van de verwachte netimpact en de beschikbare net-capaciteit over 3 jaar. De rede hiervoor is dat er voor bedrijven een urgent probleem is, ze willen nu uitbreiden of verduurzamen, als hier meer dan 3 jaar op gewacht moet worden zal dit zeer nadelig zijn. 3 jaar zou nog kunnen.
2. Energy Hub scenario is berekend op een worst case scenario, waar er geen extra duurzame opwek of flexibele schakeling mogelijk is. Een studie naar andere scenario's zou hier een goede toevoeging op zijn.

Bedrijventerreinen

1. Energieverbruik op bedrijventerreinen is gebaseerd op de dataset van de CE Delft-studie² op basis van gegevens uit 2021. Cluster 6-bedrijven zijn uitgesloten in de data voor bedrijventerreinen en zijn in deze studie apart beschouwd.
2. Een aantal van de Cluster 6-bedrijven bevinden zich op geselecteerde bedrijventerreinen en zouden qua CO₂-uitstoot en piekreductie kunnen worden meegerekend in de analyse van bedrijventerreinen.
3. De besparingen op bedrijventerreinen volgen benchmarks uit de studie van TNO¹. De methodiek van TNO is echter meer geschikt voor een analyse op nationaal of regionaal niveau. Grote verschillen tussen bedrijventerreinen kunnen zorgen voor onnauwkeurigheid op de gebruikte resolutie.
4. Het piekverbruik van bedrijventerreinen is gebaseerd op genormaliseerde verbruiksprofielen van samengevoegde industrie- of commerciële clusters. Energetische verschillen tussen bedrijventerreinen en de bedrijven die er gevestigd zijn, kunnen een groot effect hebben op de werkelijke vraagpiek.
5. Er is geen rekening gehouden met mogelijkheden voor indirecte elektrificatie op bedrijventerreinen. Een deel van de directe elektrificatie zou ook mogelijk zijn met waterstof, restwarmte, geothermie en duurzame brandstoffen, wat de last op het net zou verlichten. Deze keuze is gemaakt omdat directe elektrificatie over het algemeen (met uitzondering van hoge temperatuurprocessen) een goede strategie is voor verduurzaming, mits er voldoende netcapaciteit aanwezig is.

Resultaten vergelijking CO₂ reductie bedrijventerreinen

1. In de TNO-studie¹ wordt een relatief hogere CO₂-besparing van 4,9 tot 8,7 Mton gerapporteerd. Deze studie omvat echter alle bedrijventerreinen, met uitzondering van de 5 CES clusters, terwijl onze analyse zich richt op de 349 grootste terreinen, met uitzondering van de 5 CES clusters. Een ander belangrijk onderscheid is dat TNO uitgaat van hogere initiële waarden voor gas- en elektriciteitsverbruik voor alle bedrijventerreinen: 183,7 PJ aardgas en 101,2 PJ elektriciteit (exclusief 5 CES). In onze analyse, gebaseerd op de CE Delft dataset², zijn de startwaarden vastgesteld op 72,5 PJ aardgas en 66,6 PJ elektriciteit. Het verschil is voornamelijk te wijten aan het feit dat CE Delft de bedrijven in cluster 6 niet in hun analyse opneemt. Deze bedrijven zijn in onze studie echter wel afzonderlijk beschouwd.

Cluster 6

1. Het energieverbruik van bedrijven in cluster 6 is gebaseerd op de MIDDEN-database, waarmee het huidige en toekomstige energieverbruik van het proces wordt berekend. De energieberekening houdt enkel rekening met het procesverbruik, niet met het verbruik van de ruimtes en mobiliteit. Het toekomstige verbruik na elektrificatie is gebaseerd op de optie van maximale elektrificatie, wat resulteert in een redelijk hoge netimpact. In de praktijk zal er echter ook gekozen worden voor indirecte elektrificatie, wat de netimpact zal verminderen.
2. De bedrijven in cluster 6 die in de analyse zijn opgenomen, zijn in de MIDDEN-database aangeduid als "overig". Er zijn waarschijnlijk nog meer bedrijven in cluster 6, maar een uitgebreid overzicht is niet gevonden.
3. De pieken van bedrijven in cluster 6 zijn geschat op basis van standaard vraagcurves. De resultaten zijn vergeleken met ervaringscijfers en eerdere projecten. De methodiek kan verder worden uitgewerkt op basis van aanvullende bedrijfsinformatie. In een ideale wereld zou er gewerkt worden met de werkelijke elektrische vraagpiek van bedrijven in cluster 6, bedrijventerreinen en de gebouwde omgeving.

Gebouwde omgeving

1. In de CBS-definitie van de gebouwde omgeving is de dienstensector inbegrepen. In deze studie is dat echter niet het geval, voornamelijk vanwege het risico op dubbele telling met bedrijventerreinen. De opwekking en het verbruik zijn dus ook gebaseerd op kengetallen van woningen, in tegenstelling tot alle kleinverbruikersinstallaties.
2. De berekeningen voor de gebouwde omgeving zijn gebaseerd op datasets uit verschillende jaren. De PV-opwekking van woningen is afkomstig uit 2021; het energieverbruik en de informatie over woningtypen komen uit 2023, de vraag naar thuisladen komt uit 2024. Uiteindelijk is geprobeerd om de opwekkingscijfers te vertalen naar 2023, op basis van de gemiddelde groei per gemeente. Het uiteindelijke toekomstscenario is ofwel 2030, ofwel het scenario na volledige elektrificatie.
3. Voor het toekomstscenario wordt aangenomen dat buurten waar een deel van de woningen is aangesloten op een warmtenet, voor 100% aansluiting krijgen op het warmtenet. Deze woningen kunnen warmte opwekken met een COP van 6. Buurten zonder aansluiting op het warmtenet hebben een COP van 3, een schatting op basis van lucht-water warmtepompen.

Resultaten vergelijking piek reductie

In de rapportage "Oplossingen voor netcongestie bij bedrijven"³ heeft CE Delft de potentie voor oplossingen voor netcongestie in 2030 geschat op 3,7 tot 7,3 GW. Deze potentie is verdeeld over verschillende oplossingen en is van toepassing op heel Nederland. Deze studie heeft een potentie van 3,2 GW berekend, niet voor heel Nederland, maar voor een select aantal gebieden. Tevens houdt deze studie alleen rekening met netverlichting over het extra verbruik, terwijl in de CE Delft studie ook flexibiliteit, cable pooling e.d. wordt toegepast over bestaand gebruik.

¹ Kamphuis, V. (2024). *Potentie energiebesparing bedrijventerreinen – TNO*

² Senel, S. (2023). *Verduurzaming van Bedrijventerreinen-Typering, barrières en oplossingen. – CE Delft*

³ Budding, D. (2024) *Oplossingen voor netcongestie bij bedrijven – CE Delft*

Bronnen

- [Bellinguer, K., Girard, R., Bocquet, A., & Chevalier, A. \(2023\). ELMAS: a one-year dataset of hourly electrical load profiles from 424 French industrial and tertiary sectors.](#)
- [CBS \(2021\) Zonnestroom vermogen zonnepanelen woningen, wijken en buurten](#)
- [Drift \(2017\), Staat van transitie: Patronen van opbouw en afbraak in vijf domeinen](#)
- [Drift and Netherlands School for Public Administration \(NSOB\) \(2020\), Steering in transitions: A framework for strategizing](#)
- [Eigen \(2023\), Energie Hubs voor inpassing grootschalige hernieuwbare energie. Blauwdruk voor bedrijventerreinen](#)
- [Eigen \(2024\), Ontwikkelbedrijf](#)
- [Eigen \(2024\), Het Financieren van de Realisatie van Energy Hubs](#)
- [Firan \(2024\), Afwegingskader voor de Rechtsvorm voor een Energy Hub](#)
- [Fischer, D. \(2014\) Stochastic Modelling and Simulation of Energy Flows for Residential Areas](#)
- [Fischer, D. \(2015\) Model for electric load profiles with high time resolution for German households](#)
- [Kaats, E. en Opheij, W \(2023\), Leren samenwerken. Conditie creëren voor kansrijke samenwerking](#)
- [Lamberigts, P en Schipper, L. \(2015\), Gedeeld Eigenaarschap](#)
- [Nationaal Programma Verduurzaming Industrie \(2024\), Cluster 6](#)
- [Nederlandse School voor Openbaar Bestuur \(2020\), Samenhang vraagt Sturing. Ontwerpdilemma's voor sturing in tijden van de energietransitie](#)
- [Nederlandse School voor Openbaar Bestuur \(2020\), Taal voor Transitie. Een reflectie op de sturing van het RES-proces](#)
- [Planbureau voor de Leefomgeving \(2022\) Klimaat en Energieverkenning 2022](#)
- [Phase-2-Phase \(2024\) Netten voor distributie elektriciteit](#)
- [Raad voor Leefomgeving en Infrastructuur \(2023\), Samen werken: kiezen voor toekomstbestendige bedrijventerreinen](#)
- [Rocc \(2024\), Handelingsperspectief gemeenten voor initiatie van Energy Hubs \(i.o.v. van RVO en TKI Urban Energy\)](#)
- [Royal HaskoningDHV \(2022\), Meerwaarde Smart Energy Hubs voor Oost-Nederland \(i.o.v. Oost NL, Provincies Gelderland en Overijssel\)](#)
- [Royal HaskoningDHV \(2023\), Pilot Integraal Programmeren. Advies voor een Energievisie \(i.o.v. Provincie Noord-Holland\)](#)
- [Royal HaskoningDHV \(2023\), Verduurzamen Bedrijventerreinen met Energiehubs \(i.o.v. NVDE en PVB Nederland\)](#)
- [Rijksdienst voor Ondernemend Nederland \(2024\), Routekaart Energy Hubs: gids voor de ontwikkeling van een Energy Hub](#)
- [Rijksoverheid \(2023\), Nationaal Plan Energiesysteem](#)
- [Rijksoverheid \(5 juni 2024\), Stimuleringsprogramma Energy Hubs \(brief aan Tweede Kamer\)](#)
- [Sandhaas, A., Kim, H., & Hartmann, N. \(2022\). Methodology for generating synthetic load profiles for different industry types.](#)
- [TNO \(2024\). Potentie energiebesparing bedrijventerreinen](#)
- [Topsector Energie \(2021\), Systemintegratie. Naar een holarchisch energiesysteem?!](#)

Bijlage C: Databases

Databases

- [CBS \(2021\), Zonnestroom vermogen zonnepanelen woningen, wijken en buurten](#)
- [CBS \(2022\), Kerncijfers wijken en buurten](#)
- [CE Delft \(2023\), Verduurzaming van Bedrijventerreinen-Typering, barrières en oplossingen](#)
- [ElaadNL \(2019\). Outlook E-bussen \(Voor het jaar 2030\)](#)
- [ElaadNL \(2022\). Bedrijventerreinen in beweging \(voor het jaar 2030\)](#)
- [ElaadNL \(2019\). Outlook personenvervoer \(Voor het jaar 2024 en 2030\)](#)
- [Manufacturing Industry Decarbonisation Data Exchange Network \(MIDDEN\) database \(2021\)](#)
- [Netbeheer Nederland \(2024\), Capaciteitskaart](#)
- [Openbare data kleinverbruikers \(Liander en Enexis\) \(2024\)](#)
- [PDOK viewer \(diverse kaarten\) \(2021 tot 2024\)](#)
- [Rijksoverheid \(2022\), IBIS \(2022\). Bedrijventerreinen database](#)
- [Rijksoverheid \(2023\), Klimaatmonitor: Duurzame opwek per gemeente](#)

Bijlage D: Klankbordgroep

Klankbordgroep

- Jorian Bakker, Ministerie van Klimaat en Groene Groei
- Mart van Bracht, Topsector Energie
- Teun Custers, Topsector Energie
- Erik ten Elshof, Ministerie van Klimaat en Groene Groei
- Bastiaan de Jonge, Provincie Utrecht
- Lennart Lalieu, Nationale Programmadirectie RES en Platform Transform
- Marc Leeuw, Oost NL
- Richard van Leeuwen, Hogeschool Saxion
- Robin Quax, Topsector Energie
- George Rodenhuis, TenneT
- Richard Smokers, TNO (namens Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat-Rijkswaterstaat)
- Frits Wattjes, Liander
- Miro Zeman, Technische Universiteit Delft

Vanuit de opdrachtgevers

- Marjolein Bot, Topsector Energie
- André de Boer, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

Bijlage E: Overzicht effecten op bedrijventerreinen

Overzicht effecten op bedrijventerreinen

	Alle bedrijven terreinen 3.411		Exclusief 5 CES	3.370	Filter analyse	349
Huidig	10.222,5	M nm3	2.291,00	M nm3	1.446,1	M nm3
	323,5	PJ aardgas	72,5	PJ aardgas	45,8	PJ aardgas
	25,6	TWh E	18,5	TWh E	9,6	TWh E
	0,8	TWh laadvraag	0,8	TWh laadvraag	0,1	TWh laadvraag
	18,2	Mton CO ₂ aardgas	4,1	Mton CO ₂ aardgas	2,6	Mton CO ₂ aardgas
	7,7	Mton CO ₂ E	5,6	Mton CO ₂ E	2,9	Mton CO ₂ E
	25,9	Mton CO₂ totaal	9,7	Mton CO₂ totaal	5,5	Mton CO₂ totaal
BaU						
	125,4	PJ aardgas	59,9	PJ aardgas	38,1	PJ aardgas
	20,8	TWh E	15,3	TWh E	7,6	TWh E
	0,8	TWh laadvraag	0,8	TWh laadvraag	0,1	TWh laadvraag
	7,1	Mton CO ₂ aardgas	3,4	Mton CO ₂ aardgas	2,1	Mton CO ₂ aardgas
	4,1	Mton CO ₂ E	3,1	Mton CO ₂ E	1,5	Mton CO ₂ E
	11,2	Mton CO₂ totaal	6,4	Mton CO₂ totaal	3,6	Mton CO₂ totaal
Na elektrificatie						
	55,0	PJ aardgas	11,0	PJ aardgas	7,3	PJ aardgas
	54,2	TWh E	22,1	TWh E	12,3	TWh E
	2,8	TWh laadvraag	2,7	TWh laadvraag	0,4	TWh laadvraag
	3,1	Mton CO ₂ aardgas	0,6	Mton CO ₂ aardgas	0,4	Mton CO ₂ aardgas
	10,8	Mton CO ₂ E	4,7	Mton CO ₂ E	2,4	Mton CO ₂ E
	-6,8	delta Mton CO ₂ E duurzaam	-1,7	delta Mton CO ₂ E duurzaam	-1,0	delta Mton CO ₂ E duurzaam
	13,9	Mton CO₂ totaal	5,3	Mton CO₂ totaal	2,8	Mton CO₂ totaal
	7,1	Mton CO₂ duurzaam totaal	3,6	Mton CO₂ duurzaam totaal	1,9	Mton CO₂ duurzaam totaal

Resultaten tabel is exclusief cluster 6 bedrijven liggend op de bedrijventerreinen, deze zijn uitgezonderd in de CE Delft studie Verduurzaming van Bedrijventerreinen-Typering, barrières en oplossingen. Het start punt voor de bepaling van energie verbruik op bedrijventerreinen..

Bijlage F: Definities en afkortingen

Definities en afkortingen

ACM	Autoriteit Consument & Markt
(A)TO	Verbindings- en transportovereenkomst met betrekking tot netverbindingen.
BaU	Business as Usual
BESS	Battery Energy Storage System: Batterij-energieopslagsysteem slaat elektriciteit op en geeft het vrij.
DSO	Distribution System Operator: Beheert het lokale elektriciteitsdistributienetwerk.
EaaS	Energy as a Service
ETS	Emissions Trading System
GDS	Gesloten Distributie System
MCA	Multi Criteria Analyse
MVA	De voltampère: eenheid die de elektrische capaciteit van componenten aangeeft.
NGO	Non-gouvernementele organisatie
OS	Onderstation (substation): bevindt zich op het kruispunt tussen het hoogspanningsnet en het laagspanningsnet.
RES	Regionale Energiestrategie
SAIFI	Gemiddeld aantal serviceonderbrekingen per klant per jaar.
SBTi	Science Based Target initiative: stelt emissiereductiedoelen vast.
TRL	Technology Readiness Level: beoordeelt technologische volwassenheid.
TSO	Transmission System Operator: houdt toezicht op het hoogspanningstransmissienet.