

Ontwerpend onderzoek naar

Decentrale ontwikkelingen in het energiesysteem

24 februari 2026

urban
-synergy

GE GENERATION
.ENERGY

Bright

Ontwerpend onderzoek naar Decentrale ontwikkelingen in het energiesysteem

Dit onderzoek vond plaats in het kader van de Interdepartementale Ontwerpagenda en is uitgevoerd onder de Raamovereenkomst Ruimtelijke Ontwerp, perceel 3 en gefinancierd door KGG en VRO.

Het ontwerpend onderzoek is uitgevoerd door Urban Synergy, Generation.Energy en Bright.

Inhoud

In het kort...

1. Introductie

Decentrale ontwikkelingen
in het energiesysteem

2. Ontwerpend onderzoek

Opgave

Doorlopen proces

Analyse omgevings- en
energievisies

Energieconfiguraties

Methodiek

3. Case studies

Leeswijzer

Glastuinbouw

Logistiek op
bedrijventerreinen

Nieuwbouwwijken

4. Reflecties en aanbevelingen

Reflectie

Inzichten en
vervolgvragen

Aanbevelingen

Bijlage

Overzicht energieconfiguraties

In het kort...

Opgave en doel van het project

Doel van dit project is het verkrijgen van ruimtelijke inzichten in het toekomstige, meer regionaal georiënteerde energiesysteem. Dit is nodig om energie beter in te brengen in omgevingsvisies en om meer aandacht te krijgen voor ruimtelijke kwaliteit in energievizies. Het ontbreekt in beide domeinen namelijk nog aan kennis over hoe de ander 'werkt'.

In het kort...

Ontwerpend onderzoek – energieconfiguraties

Om grip te krijgen op decentrale ontwikkelingen in het energiesysteem is ontwerpend onderzoek gedaan aan de hand van “energieconfiguraties”.

Energieconfiguraties:

- Bestaan uit samenhangende energiebouwstenen (bron, netwerk, opslag, gebruik,...) en ruimtelijke bouwstenen (woning, wijk, boerderij, agrarisch gebied,...).
- Verbinden de netwerklaag met de occupatielaag (lagenbenadering).
- Hebben een sectoraal vertrekpunt (in dit onderzoek: woningbouw, bedrijventerreinen, glastuinbouw) en sluiten aan bij herkenbare opgaven uit het omgevingsbeleid.
- Maken zichtbaar welke energiebronnen en -maatregelen beschikbaar zijn, welke keuzes mogelijk zijn en welke ruimtelijke impact deze hebben.
- Zijn op verschillende schaalniveaus mogelijk, met elk eigen verbindingen en afhankelijkheden tussen energiesystemen en ruimtelijke opgaven.

In het kort...

Reflectie

Dit project is een oefening met de energieconfiguraties, als verdieping van het begrip energieplanologie. De energieconfiguraties faciliteren de dialoog tussen de domeinen van energie en ruimte. Dit is gebleken in een aantal workshops met vertegenwoordigers van decentrale overheden en netbeheerders.

De energieconfiguraties zijn echter niet direct toe te passen op specifieke locaties. Daarvoor zijn ze te abstract en missen ze concrete data over energie- en ruimtegebruik en belangen in een gebied.

De keuzes die lokaal gemaakt worden hebben gevolgen binnen en buiten een gebied. Nabijheid van productie en gebruik en opslag van energie verlaagt benodigde transportcapaciteit, bijbehorende ruimte voor grootschalige infrastructuur en maatschappelijke kosten. Maar het

betekent lokaal extra ruimtebeslag voor energieproductie en -opslag, concurrentie op ruimte met andere functies en hogere lokale kosten.

Het ontwerpend onderzoek maakt duidelijk dat decentrale ontwikkelingen in het energiesysteem ruimte en geld kosten in het gebied zelf. Werken met energieconfiguraties is een middel om de ruimtelijke consequenties en kosten explicieter zichtbaar te maken, waar deze op dit moment veelal 'in het centrale systeem' worden opgelost (en dus lokaal niet zichtbaar zijn).

Aanbevelingen

1. Regionaal

De energiehuishouding van een gebied is een ruimtelijk vraagstuk. Dat vraagt ook om ruimtelijke sturing. Om dit te ondersteunen is een stappenplan nodig om de abstracte energieconfiguraties te ontwikkelen tot een gebiedsspecifiek 'energiebeheerplan', vergelijkbaar met een waterbeheerplan of mobiliteitsplan. Vervolgens is het zaak dat impact van de ruimtelijke ontwikkelingen binnen dat beheerplan worden beoordeeld, middels energetische richtlijnen voor het plan of een 'energietoets'.

Stappen naar een energiebeheerplan kunnen zijn:

1. Definieer het 'gebied' voor het energiebeheerplan, bv op basis van een netvlak.
2. Breng energieconfiguraties in het gebied, sectoraal, in kaart: welke zijn aanwezig, welke zijn bepalend, welke transformeren of ontwikkelen?

3. Onderzoek uitwisseling tussen de energieconfiguraties
4. Bepaal haalbaarheid en wenselijkheid van een lokale energiebalans.
5. Verken uitwisselingen: levering of afname van burens of vanuit een hoger schaalniveau.

Stappen naar een energietoets kunnen zijn:

6. Principes formuleren netbewuste ontwikkeling binnen 'energie-beheergebieden', bv mogelijkheden voor vraagminimalisatie en aanbodmaximalisatie, criteria voor passende bronnen nabij de vraag, principes voor cascadering etc.
7. Beoordeel de financiële en ruimtelijke consequenties voor het plan of de uitwisseling met c.q. afwenteling op andere gebieden.

Het project heeft nuttige inzichten opgeleverd, maar we zijn er nog niet. Oefenen en verdere dialoog tussen beide domeinen blijft nodig. Dat kan bijvoorbeeld gebeuren met

In het kort...

concrete werkplaatsen in een concrete gebieden en in gesprekken met deskundigen op het gebied van andere domeinen en ruimtelijke toetsen.

Daarin kan ook een benadering zoals we kennen uit het verkeersdomein, de CROW met richtlijnen en eisen, worden onderzocht. Verder kan gedacht worden aan een handreiking of aansluiting bij de leerlijn energieplanologie van VNG, IPO en de netbeheerders.

2. Nationaal

Decentrale ontwikkelingen zijn afhankelijk van de inzet en bereidwilligheid van betrokken partijen. Regionale kenmerken en lokale keuzes in het energiesysteem leiden tot specifieke uitwerkingen. Hierdoor ontstaan verschillen tussen gebieden, met onderlinge uitwisseling en afwenteling van kosten en ruimte. Nationaal beleid is dus nodig om de ruimte te bepalen voor de regionale vrijheid die passend is bij deze bottom-up (gebieds)processen binnen de gewenste

marges van ruimtelijke en financiële uitwisseling.

Dit vraagt om een nationaal afwegingskader voor decentrale ontwikkelingen, met een verdeelsleutel voor differentiatie tussen gebieden of een energiebudget binnen de regionale netcapaciteit. Dit is nodig om verschillende regionale ontwikkelingen op te laten tellen tot een gewenst nationaal beeld dat financieel en ruimtelijk rechtvaardig is en tegelijk de doelen van de energietransitie haalbaar maakt.

Tot slot is er behoefte aan rekenmodellen en vuistregels die de relatie tussen energie en ruimte sneller dan nu inzichtelijk maken. Dit dient uitgewerkt te worden in dialoog tussen deskundigen op beide domeinen, waarbij niet alleen getekend maar ook gerekend wordt.

1. Introductie

Decentrale ontwikkelingen in het energiesysteem

Het is duidelijk dat de energietransitie – ofwel het inwisselen van fossiele energiebronnen voor hernieuwbare alternatieven – leidt tot een decentraler energiesysteem. Door grote hoeveelheden lokale zonne- en windprojecten en collectieve warmtevoorzieningen gevoed door decentrale bronnen: geothermie, lokale restwarmte of aquathermie. Tegelijk veranderen ook gebruikers deels in producenten en vindt lokaal steeds vaker energie-uitwisseling tussen gebruikers plaats.

Dit wil nog niet zeggen dat het centrale energiesysteem overbodig is geworden. Decentrale bronnen en lokale prosumenten kunnen niet altijd in de volledige energievraag voorzien. Daarmee is het decentrale energiesysteem niet de (enige) oplossing om in de energievraag te voorzien, maar wel een trend die doorzet.

Een meer decentraal en duurzaam energiesysteem

is vaak zichtbaarder dan een fossiel systeem en decentrale energieproductie (opwek) met een hybride netwerk, legt ook extra beslag op ruimte voor energietransport, -omzetting en -opslag. Dit gebeurt lokaal in gebieden waar ook tal van andere uitdagingen spelen.

Decentrale ontwikkelingen kunnen een meerwaarde opleveren op het centraal georganiseerd energiesysteem: minder ruimtelijke afwenteling, koppeling van opgaven, meer lokaal eigendom en zeggenschap, minder transportverliezen of meer robuustheid bij storingen.

Maar wat betekenen meer decentraal ontwikkelingen voor de ruimte en inrichting in een stad, regio of provincie en vice versa? Er bestaat geen standaard afbakening voor decentrale ontwikkelingen aangezien deze o.a. afhankelijk zijn van meerdere sectoren, op meerdere schalen kan spelen en meerdere

energiemodaliteiten kan bevatten.

Het is daarom van belang om meer inzicht te verkrijgen in het toekomstige, meer regionaal georiënteerde energiesysteem en dat te verbinden met ruimtelijke kansen en andere opgaven.

Deze onderwerpen zijn ook benoemd in de ontwerp-Nota Ruimte (september 2025) en de kamerbrief Decentrale ontwikkeling van het energiesysteem (18-6-2025). Deze stukken vormen daarmee de kaders van dit onderzoek.

Decentrale ontwikkelingen in het energiesysteem

Ontwerp Nota Ruimte
(september 2025)

- 1. Meervoudig ruimtegebruik**
- 2. Gebiedskenmerken centraal**
- 3. Zoveel mogelijk voorkomen van afwentelen**

Decentrale ontwikkelingen in het energiesysteem

Ontwerp Nota Ruimte
(september 2025)

- 1. Zoveel mogelijk besparen en efficiënt benutten**
- 2. Beschermen en beter benutten van het bestaande**
- 3. Vraag en aanbod in samenhang optimaliseren**
- 4. Strategisch uitbreiden van (milieu)ruimte**

Decentrale ontwikkelingen in het energiesysteem

Kamerbrief Decentrale ontwikkeling van het
energiesysteem (18-6-2025):

- 1. Het optimaal in balans brengen van vraag en aanbod van energie op ieder schaalniveau**
- 2. Het beter organiseren van de samenhang tussen gebiedsontwikkeling en het energiesysteem**
- 3. Regie vanuit een sociaal-maatschappelijk perspectief.**

Decentrale ontwikkelingen in het energiesysteem

Van een centraal overbelast systeem naar een decentraal veerkrachtig systeem

Centraal systeem

- Centrale productie
- Grote afstanden, veel transportcapaciteit
- Eénrichtingsverkeer
- Piekbelasting

- Productie op afstand
- Matige koppelkansen

Decentraal systeem

- Centrale en decentrale productie
- Korte afstanden, minder transport van energie
- Tweerichtingsverkeer
- Piekreductie

- Productie zichtbaar
- Lokale koppelkansen

Nieuwe relatie tussen ruimtelijke functies en het energiesysteem bij decentrale ontwikkelingen

Decentrale ontwikkelingen in het energiesysteem

Geen gescheiden systemen

Een systeem waarin productie, opslag en gebruik van energie lokaal samenkomen.

Is nog steeds onderdeel van het (inter)nationale energiesysteem en moet daaraan bijdragen.

De ontwikkeling sluit aan bij de lokale context en het systeem is daarom overal een beetje anders.

Kan beter lokaal benutten wat er al is:
Gebouwd op logische koppelkansen tussen gebieden en functies.

Betrokken partijen werken samen en lokale betrokkenheid kan toenemen.

Minder transportcapaciteit
en daarmee ruimtebesparing

Ruimtelijke kwaliteit
gebiedsgerichte aanpak aansluitend bij de lokale kwaliteiten en kenmerken

Meervoudig ruimtegebruik
en koppelkansen met andere ontwikkelingen (woningbouw, bedrijvigheid, mobiliteit, landbouw, natuur, water)

2. Ontwerpend onderzoek

We willen inzicht krijgen in ruimtelijke kansen van een meer decentraal systeem, in mogelijke verbindingen met andere opgaven en we willen met deze informatie kunnen schakelen tussen schaalniveaus en tussen regio's.

Decentrale ontwikkelingen in het energiesysteem zijn ‘wicked problems’.

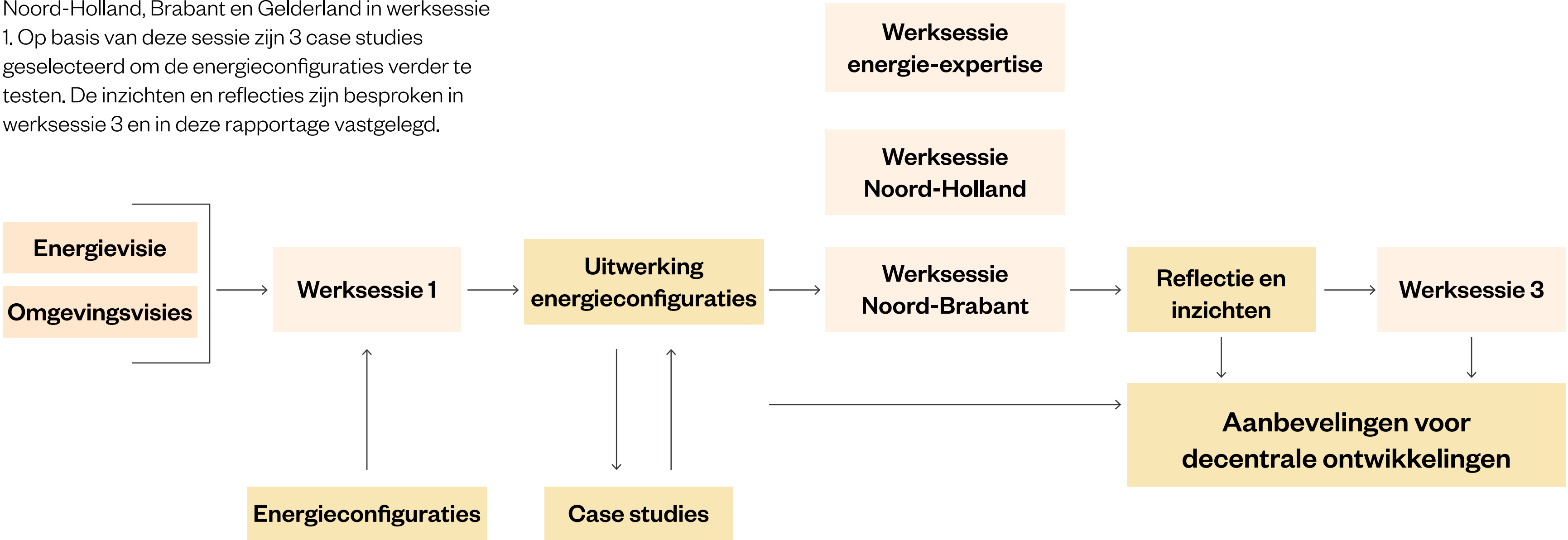
Complexe vraagstukken met onderlinge afhankelijkheden, diffuse definities en zonder eenvoudige oplossing of consensus.

Met dit ontwerpend onderzoek zoeken we niet direct naar oplossingen maar verkennen we het vraagstuk vanuit verschillende perspectieven.

Een iteratieve aanpak helpt om grip te krijgen op de relatie van energie en ruimte en het aanscherpen van de vraagstelling.

Doorlopen proces

Het onderzoek kent een iteratief proces, waarbij de opeenvolgende stappen elkaar beïnvloeden. De analyse van energie- en omgevingsvisies heeft geleid tot een aantal hypothetische energieconfiguraties. Deze zijn getest op herkenbaarheid in de provincies Noord-Holland, Brabant en Gelderland in werksessie 1. Op basis van deze sessie zijn 3 case studies geselecteerd om de energieconfiguraties verder te testen. De inzichten en reflecties zijn besproken in werksessie 3 en in deze rapportage vastgelegd.



Analyse omgevings- en energievizies

Energievizies bieden slechts op hoofdlijnen principes en aanknopingspunten voor decentrale ontwikkelingen.

En omgevingsvizies bieden nog weinig aanknopingspunten richting decentrale ontwikkelingen in het energiesysteem.

Analyse omgevings- en energievizies

De energievizies van de 12 provincies (stand van zaken zomer 2025) zijn geanalyseerd om te zien in hoeverre deze uitspraken doen over (ruimtelijke) principes met betrekking tot energie. Deze zijn hieronder opgesomd.

Energievizies

- Leidende principes om te sturen op voorkeurstechnekooplossingen per sector om grote elektriciteitsvraag te beperken (bijv. op collectieve warmte of waterstof).
- Voorgesortering op knooppunten of clusters waar op een plek 'energetische bouwstenen' voor een decentrale oplossing aanwezig zijn.
- Bestaande projecten als voorbeeld van een decentrale ontwikkelingen.

Schaal

Systeemkeuzes op drie schaalniveau als het gaat om decentrale energiesysteem.

- Lokaal-niveau (gericht op zelfvoorziening, opslag en energie uitwisseling): zoals, buurtbatterij,

warmtenet en zon op dak. Lokaal afgebakend systeem, gekoppeld aan het openbare net, gericht op gelijktijdig lokaal gebruik van lokaal opgewekte energie. (bijv. local4local)

- Bovenlokaal-niveau (energiehubs, clustering en conversie): zoals, geothermieclusters, waterstofproductie, restwarmte, biogashubs. Geschikt voor bedrijventerreinen, glastuinbouw, dorpen met hoge energievraag.
- Regionaal-niveau (Backbone aansluiting en grootschalige opwek): zoals, aanlanding wind op zee of SMR.

Principes

- Ruimtelijke clustering vraag, aanbod en opslag is wenselijk doordat het leidt tot minder transportbehoefte en belasting op het net en kleinere ruimtevraag.
- Lokale integratie van clustering maakt zelfvoorzienend, robuust en biedt kans voor flexibiliteit.
- Mogelijkheid voor meer zeggenschap en

eigenaarschap m.b.t. energiesysteem. (energiegemeenschappen en maatschappelijk draagvlak)

Inpassing en sturing

- Zoekend naar borging in omgevingswet door: energietoets bij ontwikkelingen, regulering via verordening, stimulering op vestigingsbeleid of ruimtereservering voor energie.
- Energie speelt een rol bij het maken van keuzes voor woningbouw, bedrijvigheid en infrastructuur. Nieuwbouw, houdt rekening met het net.
- Decentrale oplossingen liggen voor de hand op plekken waar het (nationale) hoofdsysteem minder aanwezig is.
- Ontwikkeling moet passen bij lange termijn inrichting van het gebied. Zoek ook naar koppelkansen benutting, zoals energieprojecten die bijdragen aan biodiversiteit of landschapskwaliteit.
- Hardere voorwaarden voor (systeem)batterijen specifieke locatiecriteria (alleen bij HS netwerk).

Energieconfiguraties

Waarom energieconfiguraties?

Bij het opstellen van omgevingsvisies, projecten voor omgevingsplannen of andere ruimtelijke ontwikkelingen worden keuzes gemaakt over het toelaten van nieuwe ontwikkelingen, het herschikken van programma's en functies, of het inzetten op de transformatie en verduurzaming van een gebied. Bij dergelijke ontwikkelingen is het verstandig om vanaf het begin in te zetten op energiebesparing en het benutten van lokale energiebronnen. In de praktijk blijkt echter dat deze energetische overwegingen niet altijd vanaf de start worden meegenomen, waardoor de ruimtelijke consequenties ervan onvoldoende in beeld komen.

Tegelijkertijd is de ruimtelijke planning vaak niet of slechts beperkt betrokken bij energie-afwegingen, terwijl juist in dit domein wordt bepaald waar en hoe functies over de beschikbare ruimte worden verdeeld. Deze beperkte afstemming tussen het ruimtelijke en het energetische domein brengt risico's

met zich mee. Dat wordt zichtbaar in situaties waarin warmtenetten botsen met kabels en leidingen, of wanneer ruimteclaims voor energie-infrastructuur en ruimtelijke functies niet op elkaar zijn afgestemd. Dit leidt achteraf regelmatig tot frustratie, bijvoorbeeld wanneer een aansluiting niet mogelijk blijkt, een ontwikkelaar onverwachte aanvullende eisen krijgt opgelegd, of er alsnog een nieuw onderstation nodig blijkt te zijn.

Door de verschillende energetische en ruimtelijke bouwstenen te ordenen in energieconfiguraties ontstaat inzicht in hun onderlinge samenhang. We hebben onderzocht of deze energieconfiguraties kunnen helpen om tijdens het maken van ruimtelijke plannen de energetische consequenties en keuzes zichtbaar te maken, ruimtelijke kansen te identificeren en verbindingen met andere opgaven te verkennen. Zo krijgen we beter zicht op hoe we op deze samenhang kunnen sturen en welke instrumenten uit het ruimtelijke of energiedomein daarvoor geschikt zijn.

Oefenen in case studies

Een aantal energieconfiguraties is, samen met experts, getest aan de hand van case studies. De case studies zijn uitgevoerd voor drie grote ruimtelijke opgaven die we in veel omgevingsvisies terug zien komen: verduurzamen van de glastuinbouwgebieden, logistiek op bedrijventerreinen (overstap naar elektrisch mobiliteit) en uitbreiden dorpen en steden met nieuwe woongebieden.

De configuraties voor deze ruimtelijke ontwikkelingen zijn op verschillende schaalniveaus verkend.

Energieconfiguraties

Energieconfiguratie

=

Energiebouwstenen

X

Ruimtelijke bouwstenen

Decentrale ontwikkelingen zijn te beschouwen als nieuwe verbinding tussen de netwerklaag (energie) en de occupatielaag (gebruik). Dit zijn twee van de drie lagen uit de lagenbenadering; een instrument uit de ruimtelijke ordening dat vaak wordt ingezet voor analyse en ontwerp.

Met ontwerpend onderzoek is de hypothese getest dat zogenoemde 'energieconfiguraties' ingezet kunnen worden voor deze verbinding. Deze energieconfiguraties bestaan uit samenhangende energiebouwstenen (bron, netwerk, opslag, gebruik,...) en ruimtelijke bouwstenen (woning, wijk, boerderij, agrarisch gebied,...).

(bron, netwerk, opslag, gebruik, ...)



Onderstation

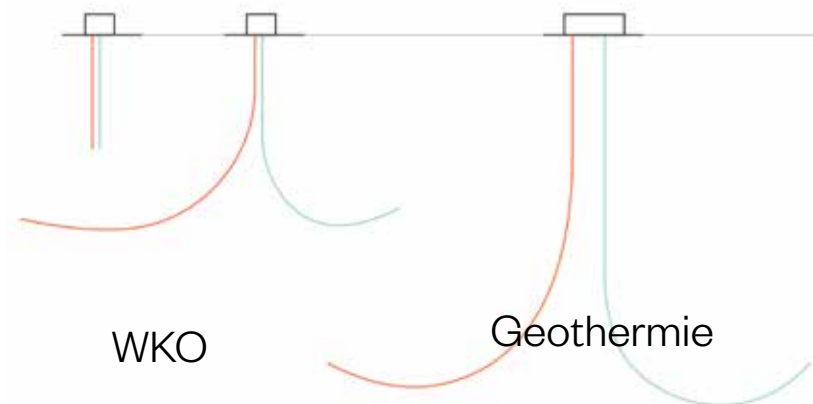
Gasontvangststation



WKK

Batterij

Warmtepomp

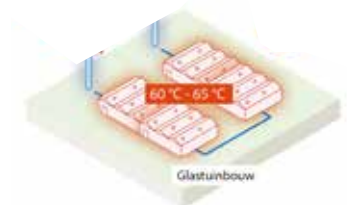


WKO

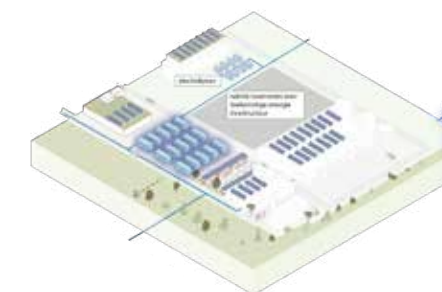
Geothermie



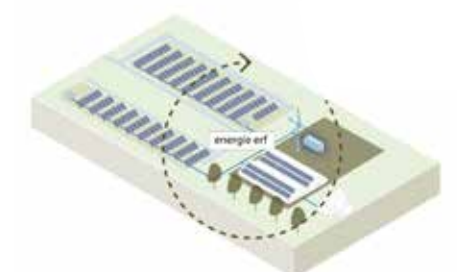
Stedelijk gebied



Glastuinbouw



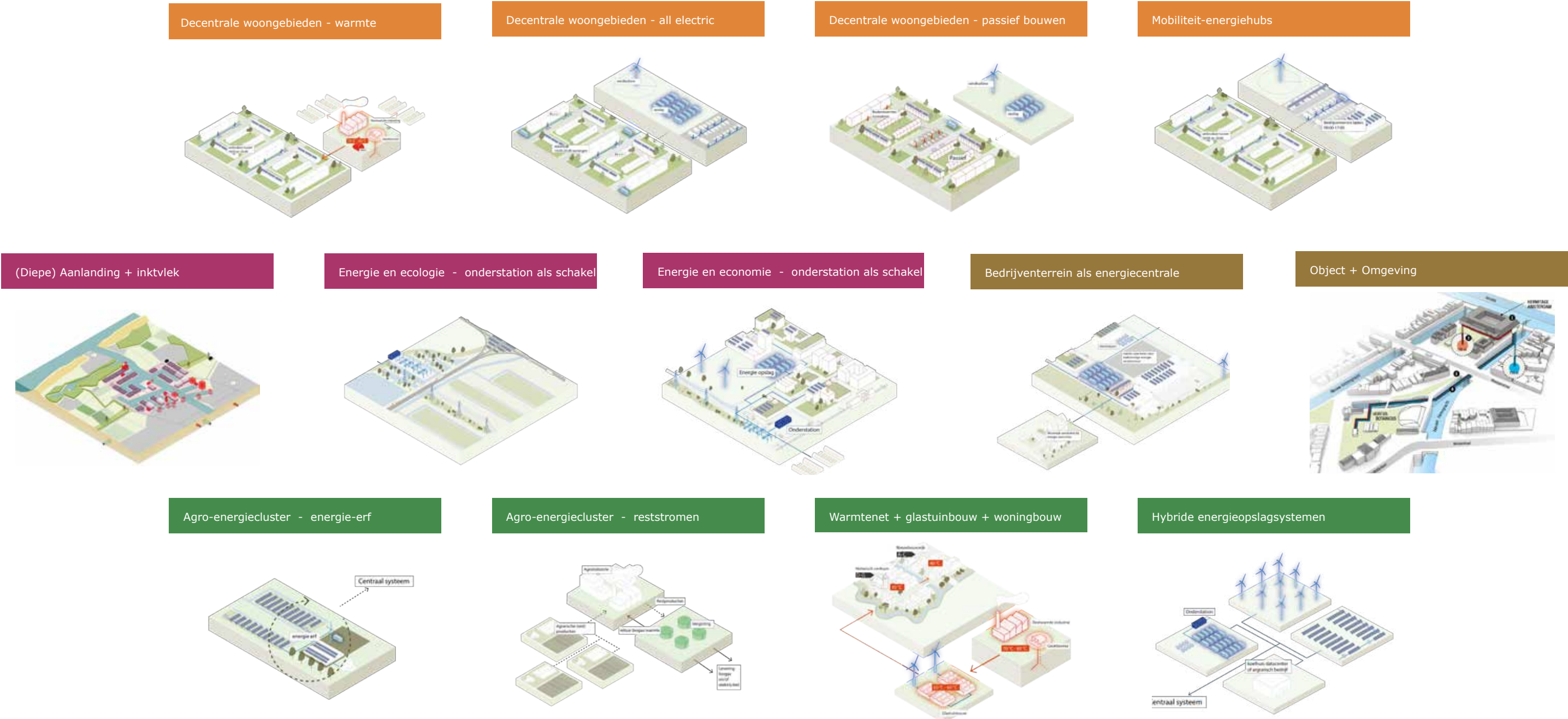
Bedrijventerrein



Landelijk gebied

Energieconfiguraties

Op basis van de omgevingsvisies van Noord-Holland, Brabant en Gelderland zijn een aantal energieconfiguraties uitgedacht voor de ontwikkelingen die zijn voorgesteld en opgenomen. Dit geeft een eerste overzicht van mogelijke configuraties die voor drie specifieke casussen verder zijn uitgewerkt. Zie bijlage voor meer toelichting.



Methodiek

Hypothese: Door te werken met energie en ruimte configuraties ontstaat een gedeelde taal tussen energie- en ruimtelijke experts. Dit voorkomt afwenteling, maakt keuzes transparant en helpt om verrassingen te vermijden. Het is een middel om vroeg in het proces de juiste stakeholders te betrekken en richting te geven aan duurzame ontwikkeling.

“energievisies bieden slechts op hoofdlijnen principes en aanknopingspunten”

“omgevingsvisies bieden nog weinig aanknopingspunten richting decentrale ontwikkelingen in het energiesysteem”



De methodiek van energieconfiguraties is in de case studies toegepast en getest als een manier om de effecten van ruimtelijke en energetische keuzes zichtbaar te maken en te onderzoeken welke stakeholders betrokken moeten worden. Door het systematisch uitwerken van verschillende configuraties ontstaat inzicht in schaalniveaus, knelpunten, koppelkansen en de meerwaarde van collectieve oplossingen. Een ondersteunende matrix helpt vervolgens om de belangen, voorwaarden en consequenties in beide domeinen gezamenlijk te verkennen.

Stap 1: Configuratie uitwerken: maatregelen en bronnen in beeld

Deze stap start met het in kaart brengen van de belangrijkste energievraag die hoort bij de beoogde ruimtelijke ontwikkeling, en het bepalen welke bronnen beschikbaar zijn om in deze vraag te voorzien.

Vervolgens wordt op verschillende schaalniveaus gekeken welke verduurzamingsmaatregelen en mitigerende maatregelen mogelijk zijn. Deze maatregelen kunnen per schaalniveau verschillen en ook binnen één schaalniveau zijn vaak meerdere oplossingsrichtingen denkbaar. Zo is het bijvoorbeeld bij de verduurzaming van de glastuinbouw een verschil of je dat volledig elektrisch

doet of met een extrne warmtebron. Daarnaast speelt de keuze tussen collectieve of individuele oplossingen een belangrijke rol, net als de beschikbare fysieke ruimte.

Als de verschillende opties van verduurzamingsmaatregelen en mitigerende maatregelen duidelijk zijn kan het effect daarvan op het centrale systeem beschreven worden. Om deze effecten inzichtelijk te maken is het belangrijk om beleidsmakers (planologen), energiespecialiseren (waaronder ook de netbeheerders) en ruimtelijk ontwerpers tegelijk aan tafel te zetten. Afhankelijk van het schaalniveau is dat gemeente, provincie of beiden. De groep kan daarnaast aangevuld worden met ondernemers, ontwikkelaars of andere lokale partijen.

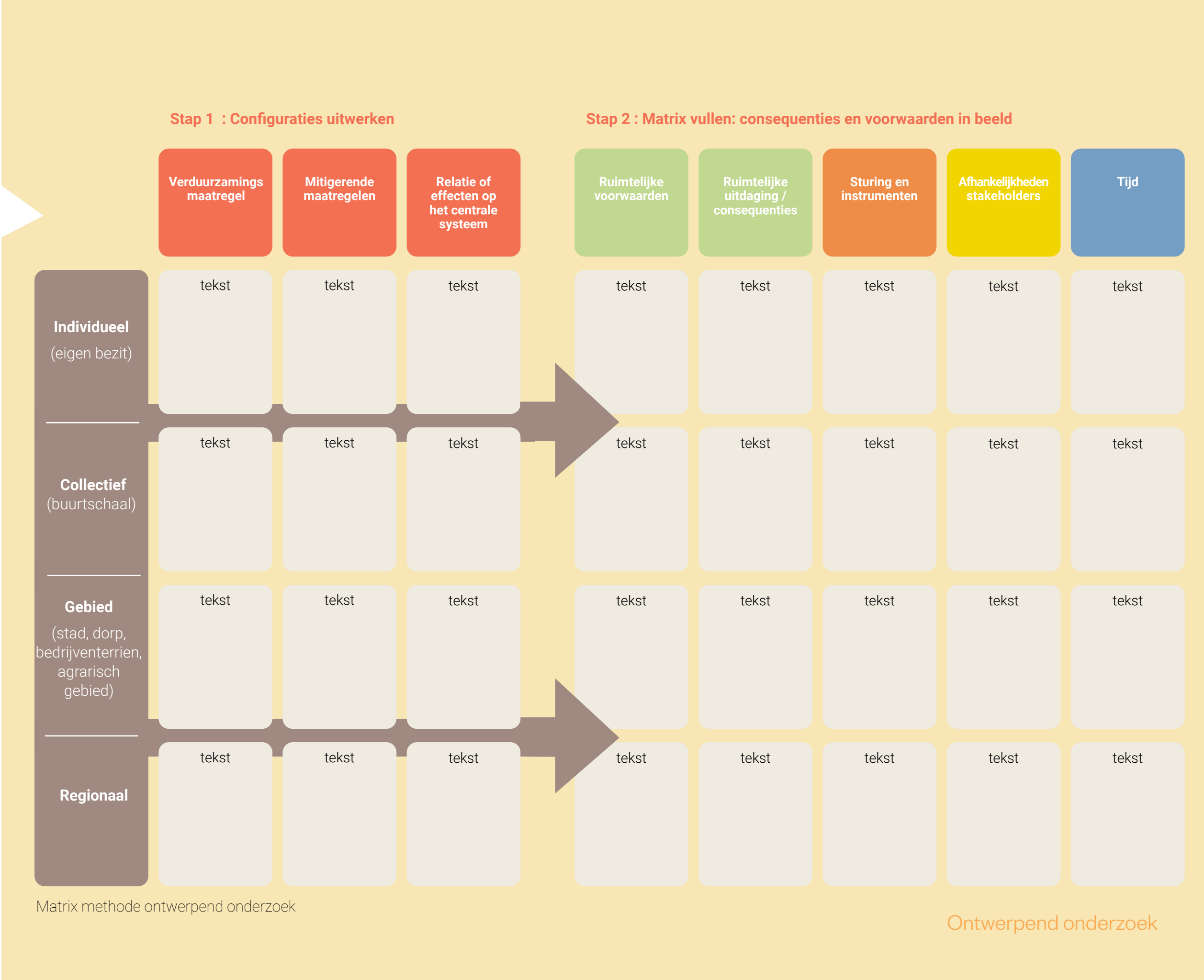
Stap 2: Vullen van de matrix: consequenties en voorwaarden in beeld

De configuraties worden verder uitgewerkt in een matrix met dezelfde partijen. De geschiktheid van de maatregelen (energiesysteem) hangt af de keuzes die al zijn gemaakt, de beschikbare ruimte, en de bestuurlijke en organisatorische mogelijkheden in het gebied. Elke oplossing functioneert optimaal onder specifieke voorwaarden en kent beperkingen wanneer die voorwaarden ontbreken.

De matrix ondersteunt het gezamenlijke gesprek over deze voorwaarden, de ruimtelijke consequenties, de benodigde partijen en de momenten waarop configuraties het best ingezet kunnen worden. Ook wordt zichtbaar op welk schaalniveau (rijk, provincie, gemeente) welk type afweging thuishoort: hoe groter het schaalniveau, hoe groter de rol van de overheid.

De matrix kan in verschillende fasen van het planvormingsproces opnieuw, en indien nodig uitgebreider, worden ingevuld. Zo fungeert zij als doorlopend hulpmiddel om keuzes te onderbouwen en samenhang tussen energie en ruimte systematisch in beeld te brengen.

De nadruk van dit ontwerpend onderzoek ligt bij de ruimtelijke aspecten (de groen kolommen van de matrix). De drie andere kolommen (‘Sturing en instrumenten’, ‘Afhankelijkheden stakeholders’ en ‘Tijd’) zijn net zo goed belangrijk, maar hebben minder aandacht gekregen. De teksten die daar nu staan zijn verzameld tijdens de werksessies.



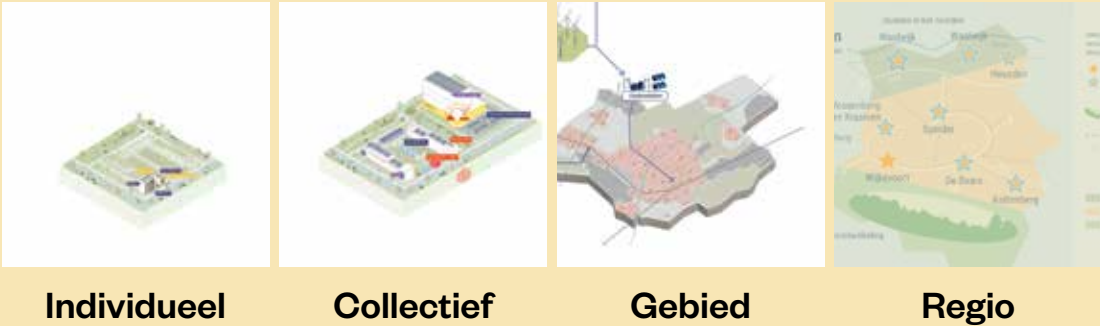
3. Case studies energieconfiguraties

Leeswijzer case studies

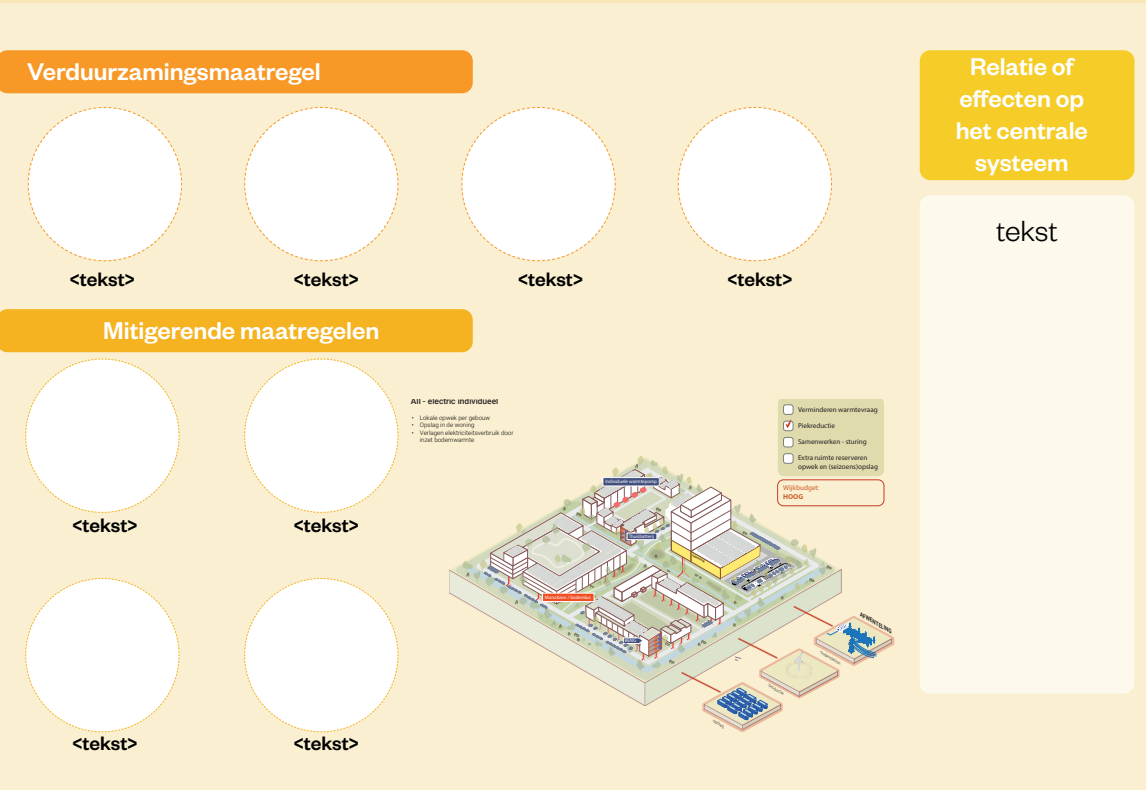
Op de volgende pagina's zijn energieconfiguraties uitgewerkt voor glastuinbouw, mobiliteitshubs op bedrijventerreinen en nieuwbouwwijken.

Elke configuratie bestaat uit verschillende onderdelen: Schaalniveau, verduurzamingsmaatregelen en voorwaarden/afhankelijkheden, en een tegel met ruimtelijke aspecten en afwenteling.

De configuraties komen op verschillende **schaalniveaus** voor en worden vanuit het kleine schaalniveau (eenvoudig) naar het grotere schaalniveau (complex) toegelicht.



De ruimtelijke aspecten van de configuratie (verduurzamingsmaatregelen, mitigerende maatregelen met daarbij de relatie of effecten op het centrale systeem met eventuele afwenteling) zijn per schaalniveau verzameld op een **overzichtspagina**.



Vervolgens zijn de ruimtelijke voorwaarden en uitdagingen, sturing en instrumenten, stakeholders en het tijdsbestek weergegeven in een **matrix**.

	Ruimtelijke voorwaarden	Ruimtelijke uitdaging	Sturing en instrumenten	Afhankelijkheden stakeholders	Tijd
Individueel (eigen bezit)	tekst	tekst	tekst	tekst	tekst

Glastuinbouw

In de glastuinbouw ligt een grote opgave om af te stappen van fossiele energie. De meeste kassen zijn nog sterk afhankelijk van aardgas als energiebron, voor de productie van warmte, van elektriciteit voor verlichting en van CO₂ om de groei van van de teelten te stimuleren.

In dit onderzoek verkennen we welke rol glastuinbouw kan spelen als onderdeel van decentrale ontwikkelingen binnen het energiesysteem.

Verschillende teelten stellen eigen aan verwarmingstechnieken, belichting en luchtvochtigingheid. Er is dan ook niet één oplossing voor alle kassen.

We maken een onderscheid in energiebehoefte aan de hand van de volgende categorieën: zwaar belichte teelten, matig belichte teelten, niet belichte teelten en koude teelten (zie tabel).

In dit onderzoek richten wij ons op de verandering van energiebron ten opzichte van het energiesysteem ipv de technische veranderingen van de kas.

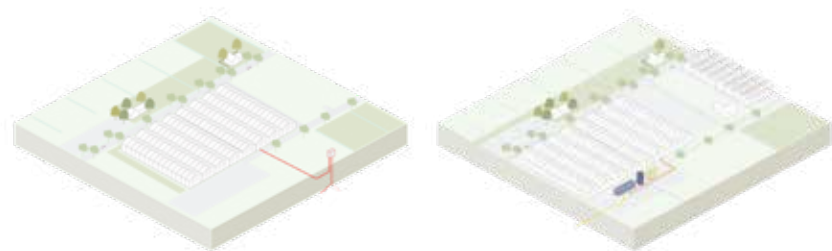
Het maakt nogal uit of een kas alleen in een gebied staat of onderdeel is van een glastuinbouwcluster. We verkennen dan ook op verschillende schaalniveaus de mogelijkheden om fossiele energie te vervangen door duurzame bronnen van energie.

Op individueel niveau (op eigen kavel, binnen de eigen bedrijfsvoering) kijken we naar verduurzaming met een elektrische warmtepomp (eventueel met warmtekoudeopslag) en alternatief (bio-/waterstof-)gas voor de warmtekrachtkoppeling. Vervolgens kijken we naar uitwisseling tussen meerdere kassen, via gedeelde installaties. Op hoger schaalniveau (gebied en regio) onderzoeken we planologische aansluiting bij RES-zoekgebieden, mogelijke geothermiebronnen en aansluiting bij een bestaand warmtenet.

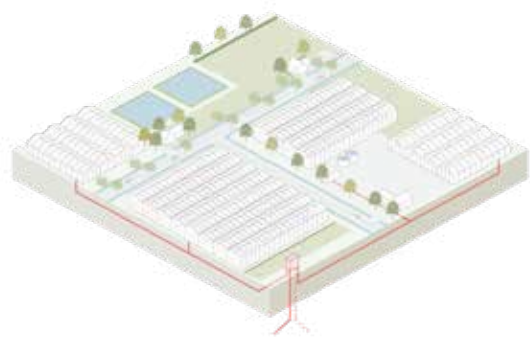
Teelt	Aardgas m3/m2 per jaar	Elektra kwh/m2 per jaar	Warmtevraag energiezuinige kas m3/m2 per jaar	Elektra kwh/me per jaar	Warmtevraag warmtepomp m3/ m2 per jaar	Elektra kwh/m2 per jaar	CO2 kg/m2 per jaar
Onbelichte tomatenteelt	34.4	15	20.9	15 - 60	23.6	60	46
Belichte tomatenteelt	31.9	340	16.8	212 - 260	26.5	212 - 260	46
Belichte Chrysantenteelt	22.7	154	14.4	98	20.5	134	25
Belichte Alstroemerieateelt	30.9	8	20.3	8 - 55	23.3	55	14
Koude teelten - Radijs	7.6	3	3.6	3 - 14	3.6	14	3

Bron: Tuinbouw zonder fossiele energie | Feije de Zwart e.a. Wageningen universiteit en research (2019)

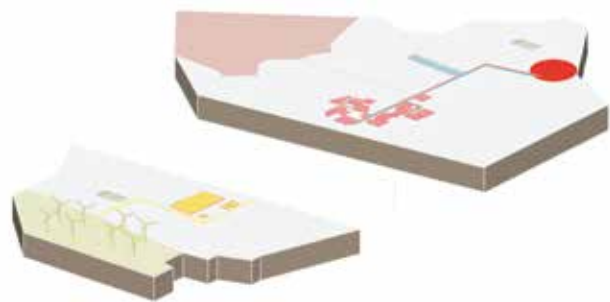
Glastuinbouw - schaalniveaus



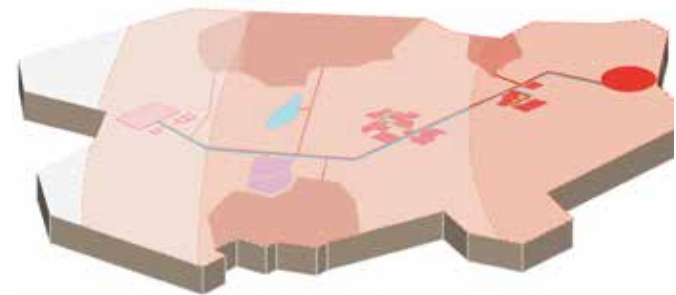
Individueel



Collectief



Gebied



Regio

Glastuinbouw - individueel - Individuele warmtepomp

Verduurzamingsmaatregel

Individuele warmtepomp

Gasketel vervangen door elektrische warmtepomp.

Mitigerende maatregelen

Teelt naar warmte- beschikbaarheid:

De warmtevraag per teelt verschilt. De teelt en beschikbare warmte moet op elkaar worden afgestemd.

Zonnepanelen

Zonnepanelen op het terrein verminderen de energievraag van buitenaf.

Isolatie kas

Isolatie van de kas vermindert de energievraag.

Verduurzaming kas

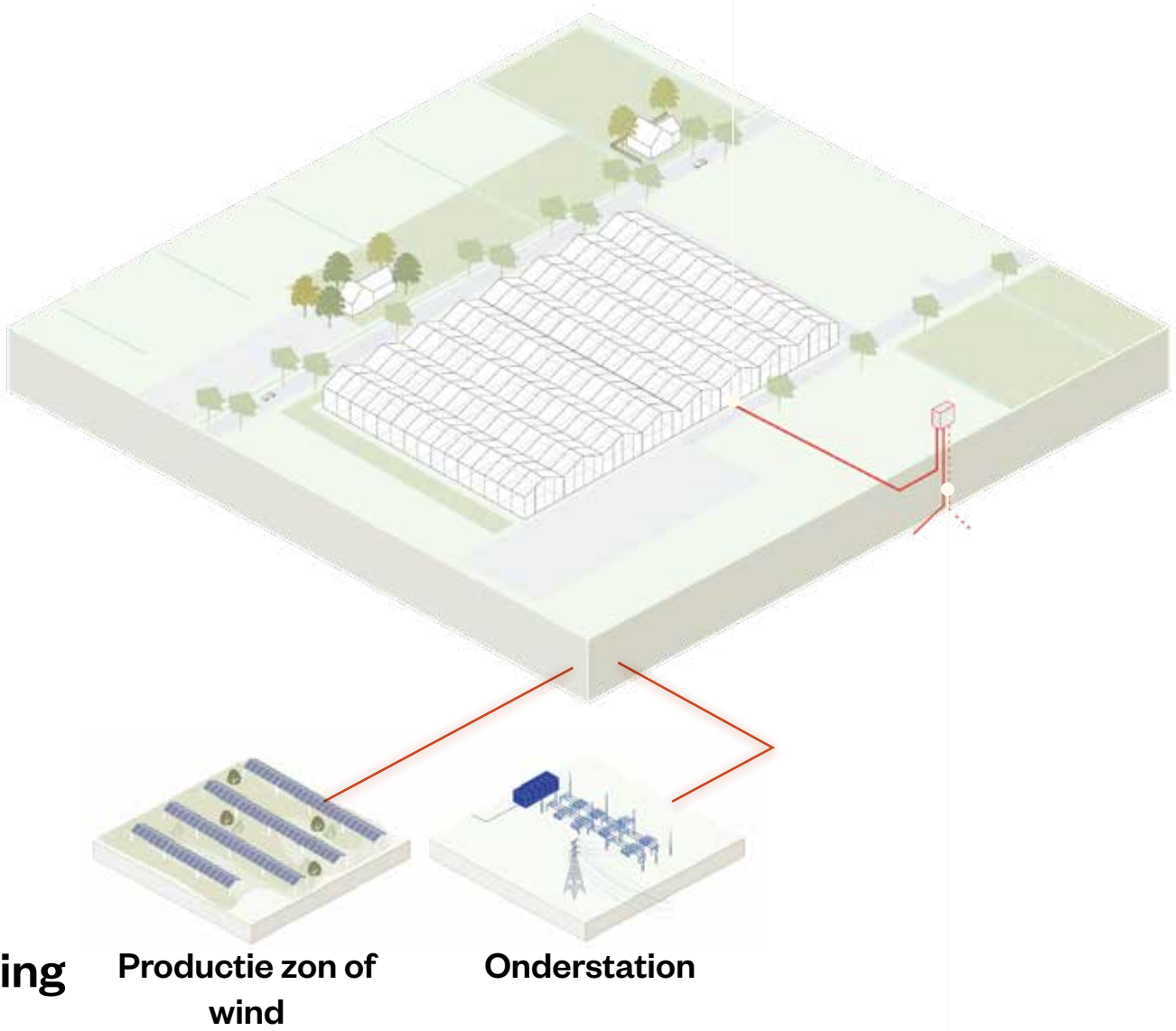
De kas kan gelijkmatig verduurzaamd worden zodat de kosten worden verspreid.

Externe CO₂-toevoer

De toevoer van CO₂ komt van buiten het gebied.

WKO-installatie

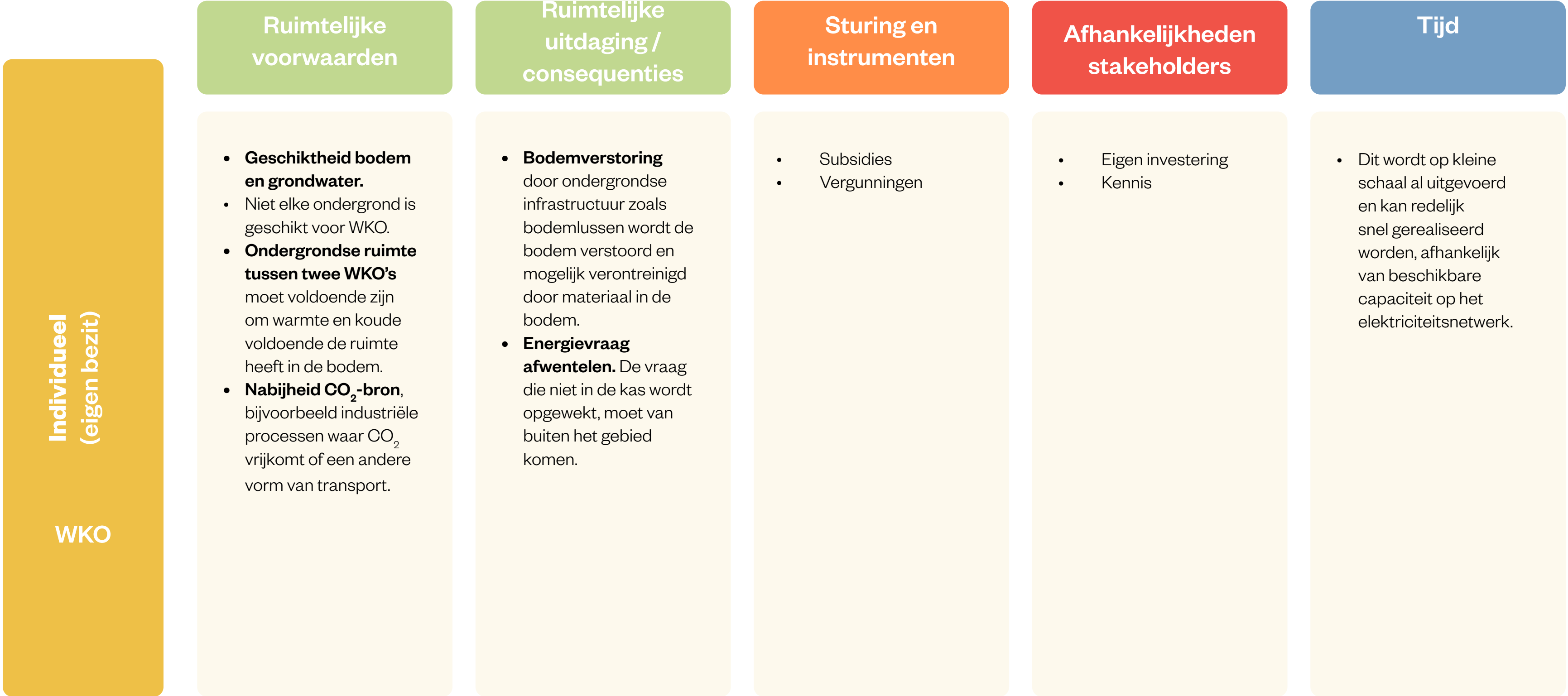
Een warmtepomp in combinatie met een WKO installatie vermindert de energievraag.



Relatie of effecten op het centrale systeem

- De **warmtevraag verschuift** van gas naar elektriciteit en omgevingswarmte.
- **Grotere vraag** naar elektriciteit.
- Toevoeging van WKO vermindert de energievraag en **vlakt de piekvraag af**.
- **Afwenteling:** energievraag moet van buiten het gebied komen als deze niet in de kas wordt opgewekt.

Glastuinbouw - individueel



Glastuinbouw - individueel - WKK met alternatief gas

Verduurzamingsmaatregel

Verduurzaming WKK

De WKK installatie wordt verduurzaamd waardoor de installatie geschikt is voor waterstof of biogas.

Mitigerende maatregelen

Productie biogas

Voor de productie van biogas is ruimte nodig voor gewassen of voor vee.

Productie waterstof

Voor de productie van waterstof is energie nodig. Dit wordt omgezet in waterstof in een elektrolyser.

Isolatie kas

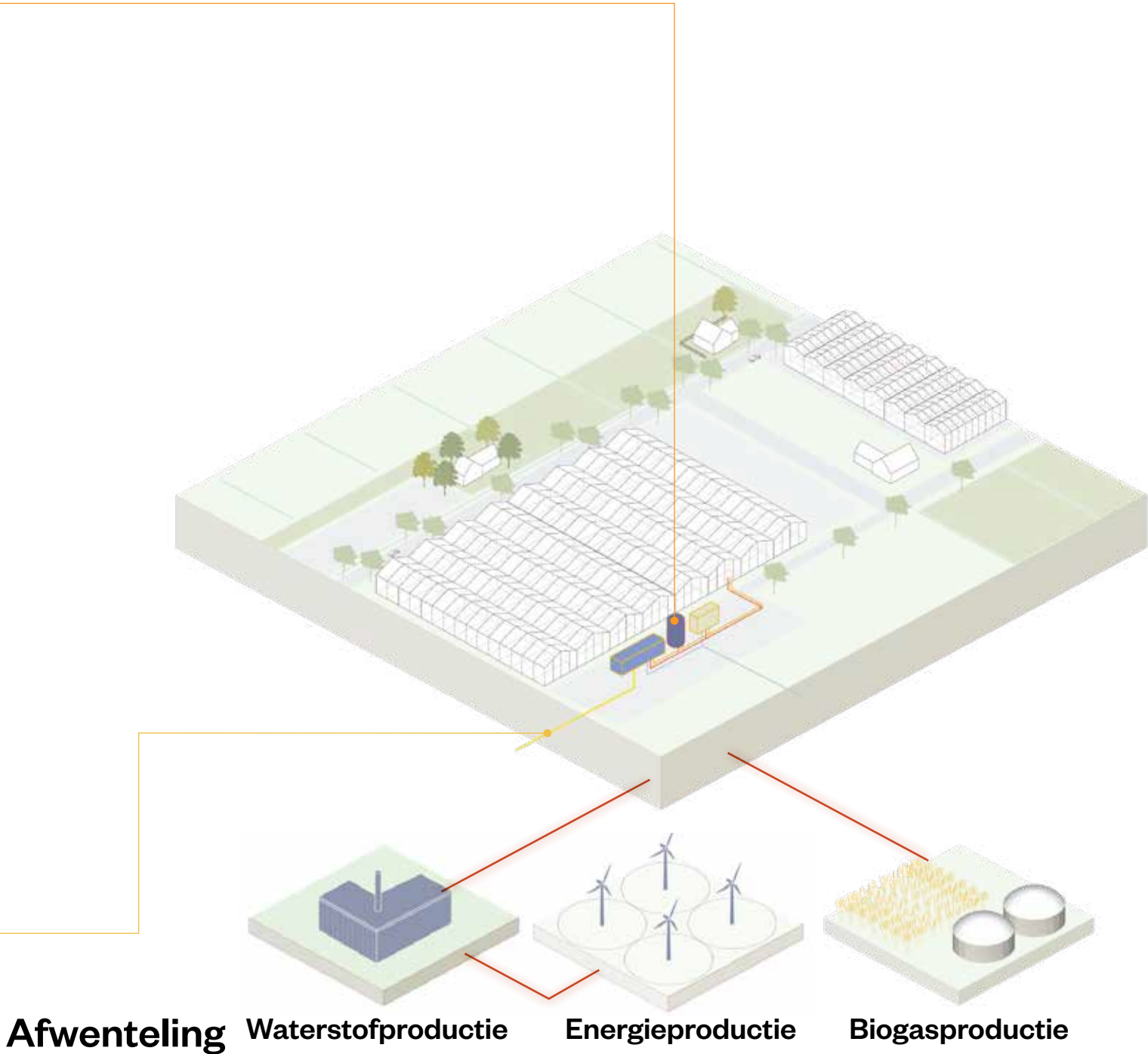
Isolatie van de kas vermindert de energievraag.

Biogas of waterstof toevoer

Voor de verduurzaming van de WKK naar een alternatief gas moeten nieuwe netten aangelegd worden. Om de waterstof te transporteren een waterstof toevoer. Er worden testen gedaan met toevoegingen biogas in het fossiele netwerk. Fossiel gas is dan geheel uitgefaseerd.

Zonnepanelen

Zonnepanelen op het terrein verminderen de energievraag van buitenaf.



Relatie of effecten op het centrale systeem

- **Flexibele productie van energie,** energie kan worden teruggeleverd aan het net tenzij de WKK gekoppeld is aan een eigen warmtebuffer.
- **Afwenteling,** als de productie biogas of waterstof niet direct bij de kas aanwezig is moet het ergens anders vandaan komen.

Glastuinbouw - individueel



Glastuinbouw - gedeelde WKO installatie

Verduurzamingsmaatregel

Gedeelde WKO installatie

Er wordt een gedeelde WKO installatie aangelegd.

Gedeelde warmtepomp

Elke kas heeft dezelfde temperatuur. De teelt wordt hierop aangepast.

Individuele warmtepomp

Per kas één warmtepomp, elke kas kan zijn eigen temperatuur regelen.

Mitigerende maatregelen

Teelt naar warmte beschikbaarheid

Met een collectieve warmtepomp is de aangeleverde temperatuur gelijk.

Zonnepanelen

Zonnepanelen op het terrein verminderen de energievraag van buitenaf.

Isolatie kas

Isolatie van de kas vermindert de energievraag.

Windturbine

Collectieve windturbine in het gebied.

Laag temperatuur warmtenet

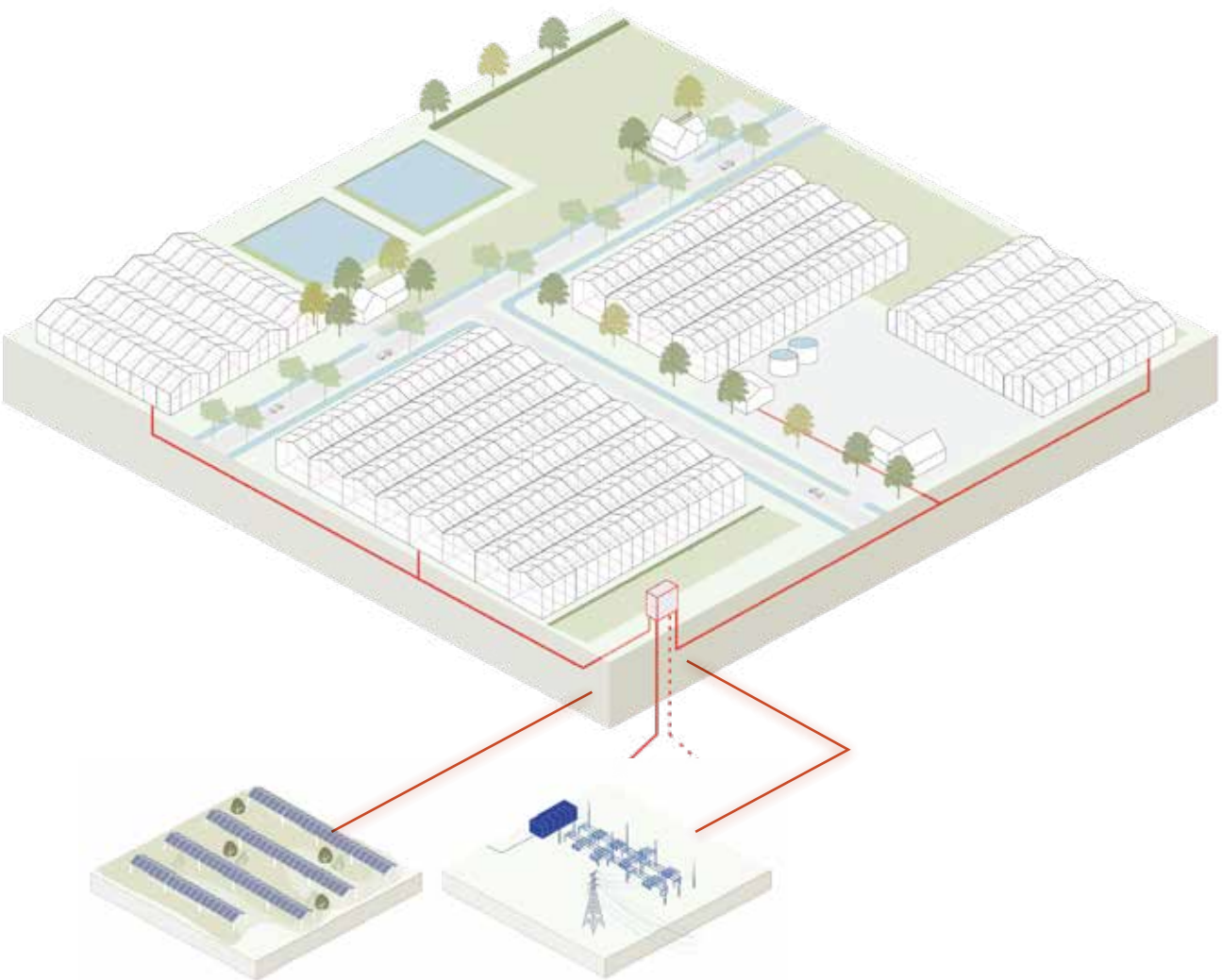
Met een individuele warmtepomp kan er een laag temperatuur warmtenet aangelegd worden.

Middentemperatuur warmtenet

Met een gedeelde warmtepomp kan er een middentemperatuur warmtenet aangelegd worden.

Kleine afstanden

Kleine afstanden tussen kassen door warmtetransport.



Afwenteling

Productie zon of wind

Onderstation

Relatie of effecten op het centrale systeem

- **Verschuiving van gas** naar omgevingswarmte betekent een grotere elektriciteitsvraag.
- **Afwenteling**, energievraag die niet lokaal wordt opgewekt valt buiten het gebied.
- Toevoegen van **WKO** naast een warmtepomp dringt het energie gebruik terug en vakt de pieken af.
- **Collectieve windturbine** of zonnepark.

Glastuinbouw - collectief

Collectief

Ruimtelijke voorwaarden

- Kassen liggen dicht bij elkaar.
- **Geschiktheid bodem en grondwater.**
- Door o.a. verzilting van het grondwater kan een WKO niet altijd geplaatst worden.
- **Ondergrondse interferentie** beperkt mogelijkheden voor individueel handelen.
- **Nabijheid CO₂-bron**, bijvoorbeeld industriële processen waar CO₂ vrijkomt of een andere vorm van transport.
- **Bundeling** van ondergrondse infrastructuur.

Ruimtelijke uitdaging / consequenties

- **Bodemverstoring** door ondergrondse infrastructuur zoals bodemlussen wordt de bodem verstoord en mogelijk verontreinigd door materiaal in de bodem.
- **Energievraag afwentelen.** De vraag die niet in de kas wordt opgewekt, moet van buiten het gebied komen.
- **Voldoende ruimte in de ondergrond benodigd.** Het ruimtebeslag van een warmtenet in de ondergrond is groot.

Sturing en instrumenten

- Subsidies
- Vergunningen

Afhankelijkheden stakeholders

- Collectieve investering
- Overeenkomst tussen de tuinders.

Tijd

- Langere realisatietijd aangezien overeenkomst nodig is tussen eigenaren kassen.
- Voor bronnet en WKO is een grote investering nodig.
- Bij individuele warmtepompen: verandering vindt plaats als de eigen installatie is afgeschreven.
- Bij collectieve warmtepomp: de investering vindt ineens plaats, ook als individuele installaties nog niet afgeschreven zijn.

Glastuinbouw - gebied - teelt volgt energie beschikbaarheid

Verduurzamingsmaatregel

Teelt aanpassen naar warmte beschikbaarheid.

De beschikbaarheid van de warmte is leidend voor het type teelt dat er geteeld kan worden.

Nieuwe ruimtelijke ordening

wordt toegepast. Teelten met een hoge elektriciteitsvraag worden bij een RES-zoekgebied geplaatst. Teelten met een hoge warmtevraag bij een geothermiebron.

Res zoekgebied

Kassen met een hoge elektriciteitsvraag worden bij een RES-zoekgebied geplaatst.

Geothermiebron

Kassen met een hoge warmtevraag worden bij een geothermiebron geplaatst.

Mitigerende maatregelen

Aanleg transportleiding

Vanuit de geothermiebron wordt een transportleiding aangelegd.

Isolatie kas

Isolatie van de kas vermindert de energievraag.

Gedeelde WKO en warmtepomp

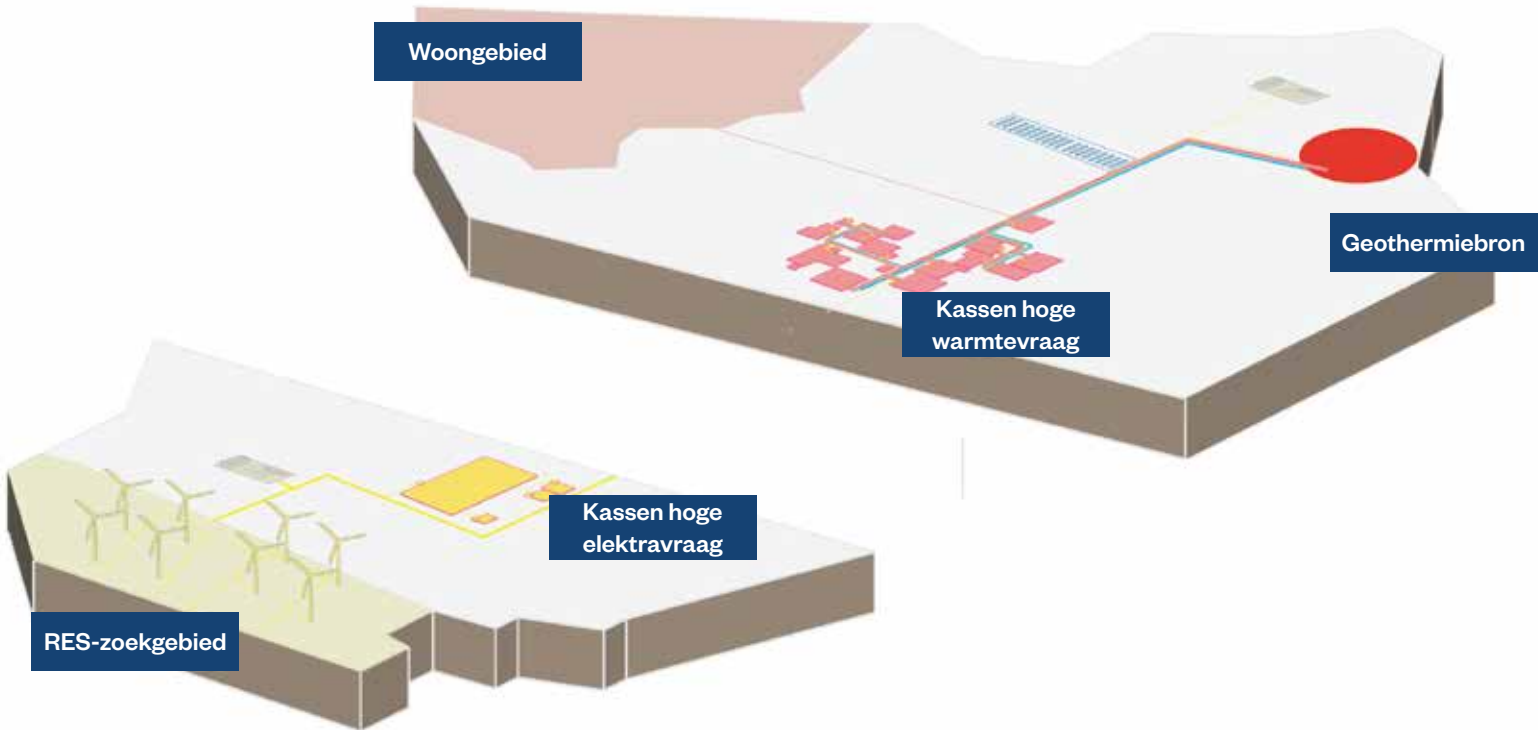
Elke kas heeft dezelfde temperatuur. De teelt wordt hierop aangepast.

Gedeelde WKO en individuele warmtepomp

Per kas één warmtepomp, elke kas kan zijn eigen temperatuur regelen.

Bronnet

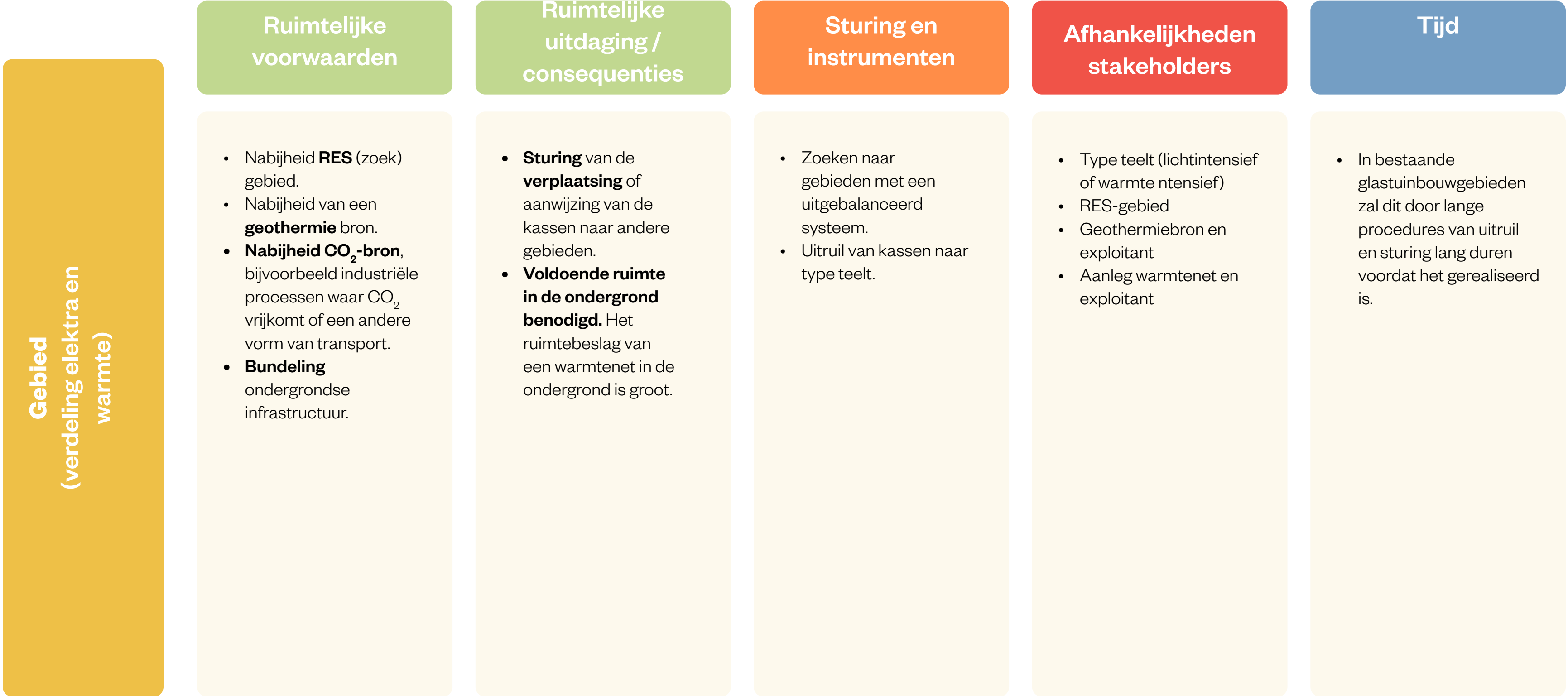
Warmtenet binnen het gebied. Dit kan een lage- of middentemperatuur warmtenet zijn.



Relatie of effecten op het centrale systeem

- **Verschuiving van gas naar warmte** of elektriciteit door lokale bronnen gebruiken van de beschikbare energie in het gebied.
- In principe **geen afwenteling** op het centrale systeem als deze vorm van energieplanologie goed wordt toegepast.

Glastuinbouw - gebied - verdeling elektra en warmte



Glastuinbouw - regio - warmtecascade

Verduurzamingsmaatregel

Geothermiebron

Kassen met een hoge warmtevraag worden bij een geothermiebron geplaatst.

Nieuwe ruimtelijke ordening

wordt toegepast. Teelten met een hoge warmtevraag bij een geothermiebron. Functies met een hoge warmtevraag worden dicht bij de bron geplaatst.

Regionaal warmtenet

De geothermiebron is onderdeel van het regionale warmtenet waar ook andere bronnen op zijn aangesloten.

Teelt aanpassen naar warmte beschikbaarheid

De beschikbaarheid van de warmte is leidend voor het type teelt dat geteeld kan worden.

Mitigerende maatregelen

Aanleg transportleiding

Vanuit de geothermiebron wordt een transportleiding aangelegd.

Gedeelde WKO en warmtepomp

Elke kas heeft dezelfde temperatuur. De teelt wordt hierop aangepast.

Bronnet

Warmtenet binnen het gebied. Dit kan een lage- of midentemperatuur warmtenet zijn.

Gedeelde WKO en individuele warmtepomp

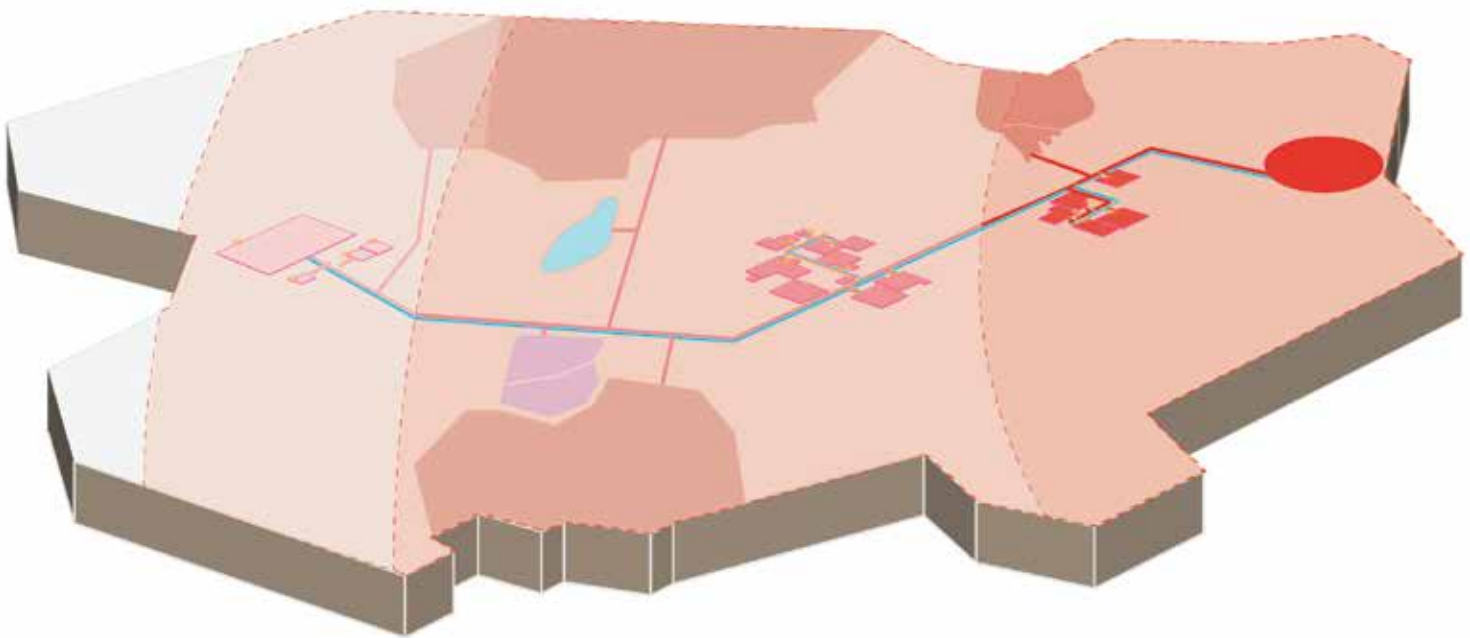
Per kas één warmtepomp, elke kas kan zijn eigen temperatuur regelen.

Warmtebuffer

Voor een robuust warmtenet wordt een warmtebuffer aangelegd voor seizoensopslag van warmte.

Isolatie kas

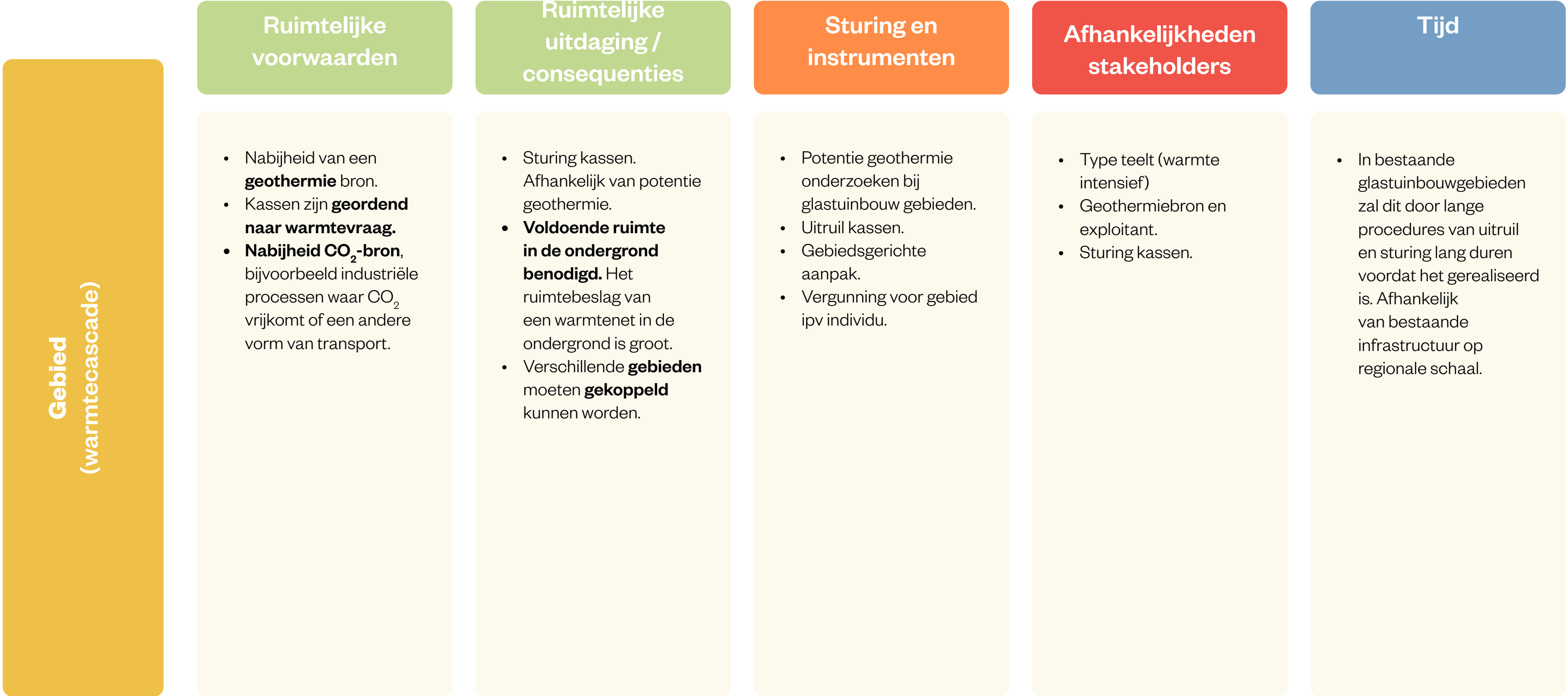
Isolatie van de kas vermindert de energievraag.



Relatie of effecten op het centrale systeem

- **Verschuiving van gas naar warmte.**
- Aanleg van een **regionaal warmtesysteem** kan de toename van de elektriciteitsvraag verminderen.
- **Koppeling tussen functies** waardoor de capaciteit van de bronnen benut kunnen worden.

Glastuinbouw - gebied - warmtecascade



Logistiek op bedrijventerreinen

In Nederland zijn bedrijven met een logistieke functie doorgaans gevestigd op bedrijventerreinen. Deze bedrijven beschikken over een wagenpark dat voornamelijk uit vrachtwagens bestaat. De vrachtwagens zijn meestal onderweg of geparkeerd op het eigen terrein en tanken buiten het bedrijventerrein. In deze use case gaan we uit van een situatie waarin het volledige wagenpark wordt geëlektrificeerd en waar kunnen ze dan laden?

In de Outlook Logistiek 2025 presenteert Elaad een prognose voor het laden van elektrische trucks op bedrijventerreinen. In het midden scenario voor 2050 verwacht men dat circa 88% van alle laadsessies plaatsvindt op het bedrijventerrein van herkomst. Het grootste deel daarvan – ongeveer 80% – zal gebeuren op het eigen terrein van bedrijven (zowel regulier als snelladen). Daarnaast wordt circa 9% van de laadsessies voorzien op een logistiek laadplein binnen het bedrijventerrein (snelladen). Per bedrijventerrein verschilt de toekomstige vraag naar laadcapaciteit

sterk. Dit kan variëren van 10 tot meer dan 1.000 voertuigen per terrein, wat kan leiden tot een extra vermogensvraag tot maximaal 48 MW op sommige plekken.

Voor deze case studies hebben we gekeken naar Vossenbergh West II in Tilburg en Nieuw-Vennep Zuid. Bij de inrichting van bedrijventerreinen met logistieke functies is het ruimtegebruik grofweg verdeeld in gelijke delen: gebouwen, erven en openbare ruimte (ongeveer 1/3 per categorie). De aanwezige open ruimte is veelal als groen ingericht. Voor de opwek van zonne-energie zijn vooral kansen op de daken. Mogelijk is er kans voor windenergie in de buurt van een terrein. Daarnaast geldt voor de panden zelf dat hier ook een verduurzamingsopgave ligt, die voor een toename van elektriciteit vraagt.

Een globale berekening voor het Tilburgse voorbeeld laat zien dat de toekomstige energievraag en het benutbare opwekpotentieel met zon op jaarbasis ongeveer gelijk zijn. Echter,

deze zijn niet continu gelijktijdig beschikbaar. Het tijdelijk opslaan in een batterij kan hierin een rol spelen.

Als referentie: een laadplein van 4–8 MW vraagt circa 0,3–0,5 hectare ruimte (LOLA). Oppervlak van een batterij van 0,3-10 MW heeft een ruimtebeslag van 10 m²-0,32 ha.

Binnen deze configuratie worden 5 varianten verkend van mogelijkheden voor het laden binnen bedrijventerreinen. Per bedrijventerrein geldt de vraag welke laadbehoefte en laadoplossing passen bij dit bedrijventerrein.

Logistiek op bedrijventerreinen - schaalniveaus



Individueel



**Samen met de
buren**



**Collectief op
eigen terrein**



**Collectief
laadplein**



**Buiten het eigen
terrein**

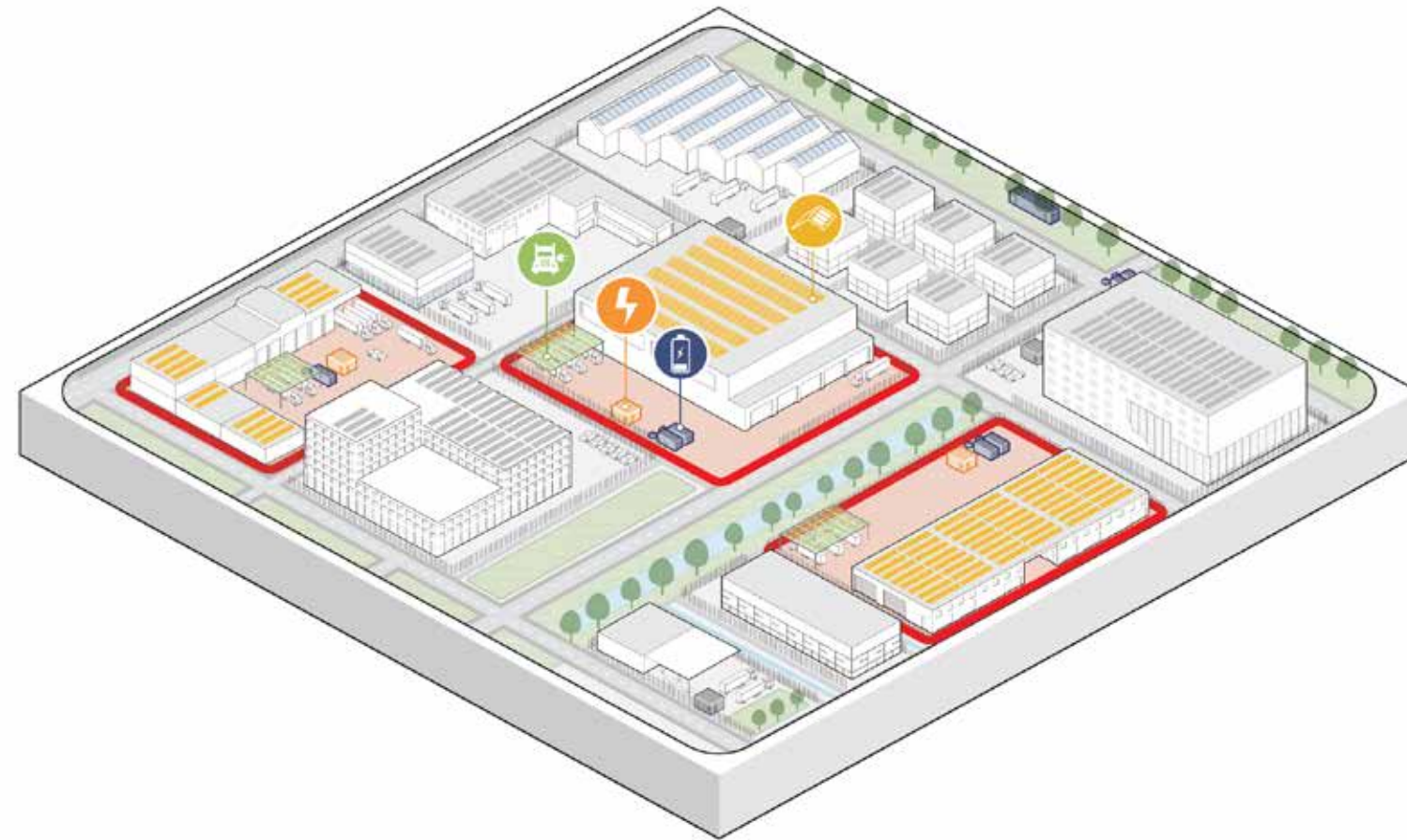
Logistiek op bedrijventerreinen - Individueel

Verduurzamingsmaatregel

- Het laden van trucks vindt plaats op het eigen terrein van bedrijven. Hierdoor neemt de elektriciteitsvraag toe op de bestaande aansluiting (vaak kleinverbruik)
- Afhankelijk van de laadbehoefte wordt het aantal laadpunten op het terrein bepaald. We onderscheiden twee laadvormen: snelladen en slim laden ('s nachts). Slim laden gebeurt vooral 's nachts en vraagt 5 tot 10 keer minder vermogen dan snelladen.

Mitigerende maatregelen

- Het dakoppervlak wordt gebruikt voor de opwek van zonne-energie. Deze wordt achter de meter aangesloten. Vraag en aanbod worden benut.
- Een batterij op eigen terrein kan helpen bij hoge piekvermogens of het spreiden van aanbod van elektriciteit.



Relatie of effecten op het centrale systeem

- Kiest iedereen voor een individuele aansluiting, dan moet het netwerk uitgebreid worden.
- Dit vindt voor een groot deel plaats buiten je eigen gebied.
- Er gelden mogelijk wachttijden.

Logistiek op bedrijventerreinen - Individueel

Individueel	Ruimtelijke voorwaarden	Ruimtelijke uitdaging / consequenties	Sturing en instrumenten	Afhankelijkheden stakeholders	Tijd
	- De bestaande aansluiting moet de mogelijkheid bieden om de gewenste uitbreiding te kunnen uitvoeren. - Mitigerende maatregelen hebben ook een ruimtelijke claim hebben. - Binnen het terrein voldoende inpassingsruimte om de laadbehoefte samen te laten gaan met de ruimte van het logistieke bedrijfsproces op het terrein.	- Bij het verzwaren van de aansluiting wil je de overige verduurzaming van het bedrijf zelf meenemen, zoals het elektrificeren van verwarmingsvraag van het pand of het bedrijfsproces. - Het 'wie het eerst komt wie het eerst maalt principe' kan ertoe leiden dat andere bedrijven minder kansen hebben.		Wanneer er congestie op het netwerk is, is er sprake van een wachtrij voor het vergroten van de aansluiting.	

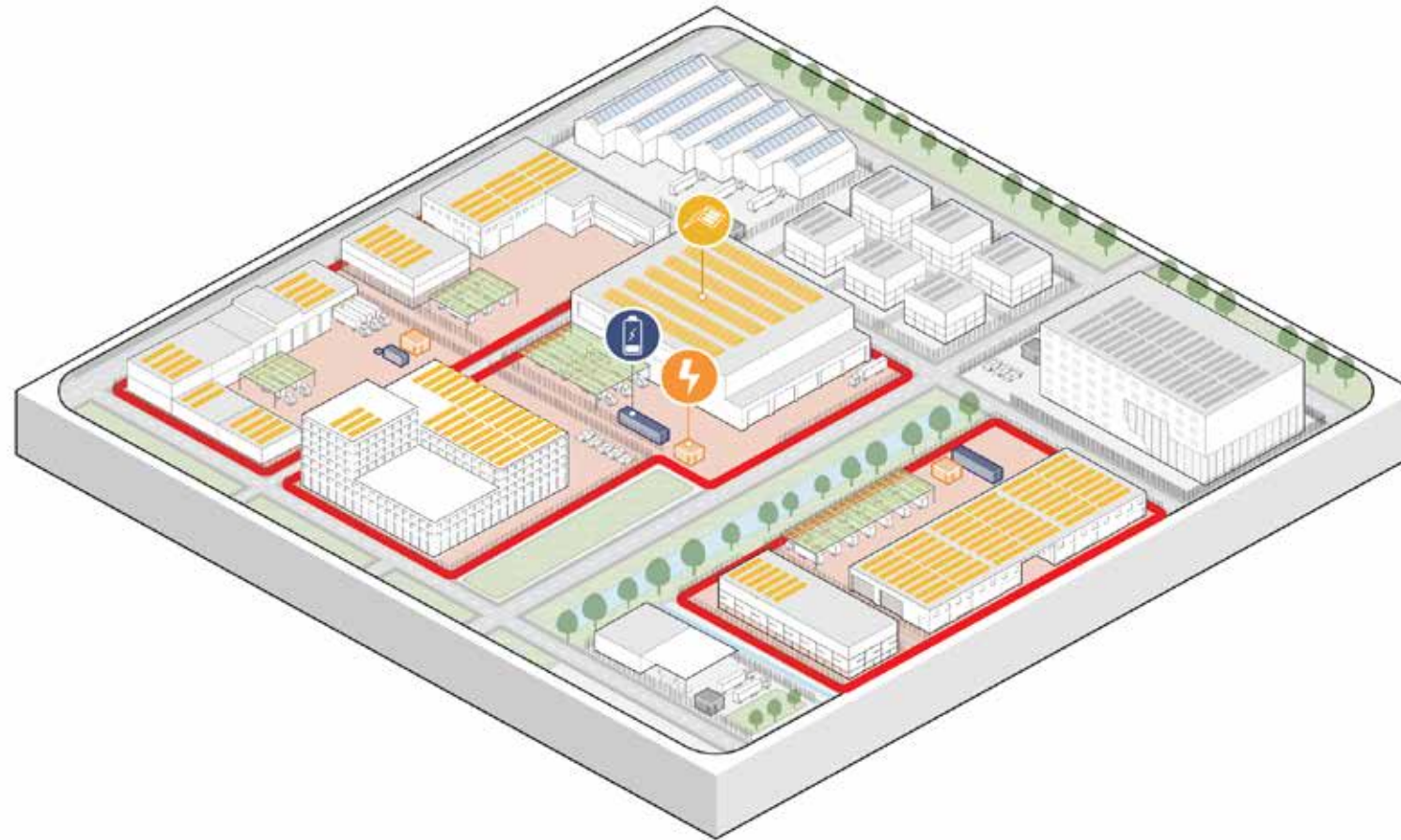
Logistiek op bedrijventerreinen - Samen met de buren

Verduurzamingsmaatregel

- Laden van trucks gebeurt samen met je (net)buur, omdat er zelf onvoldoende aansluitingsmogelijkheden zijn voor de extra vraag, maar je (net)buur heeft nog wel aansluitingsruimte.
- Mogelijk door samen één terrein te delen voor laden of een verbinding tussen twee terreinen aan te leggen achter de aansluiting door onderling goede afspraken te maken.
- Vraag naar elektriciteit toe op een plek in plaats van twee.

Mitigerende maatregelen

- Het collectieve gebruik zorgt ervoor dat er op een betere manier gebruik wordt gemaakt van de netruimte.
- Ook is er meer oppervlak voor zonnestroom op daken dat mogelijk kan worden benut voor het laden.
- Batterijen kunnen ook helpen om de opgewekte energie beter binnen het gebied te houden werken.



Relatie of effecten op het centrale systeem

- Afwenteling naar een hoger netniveau vindt nog steeds plaats, maar er kan wel meer afstemming plaats tussen vraag en aanbod op een locatie als ze verbonden zijn.

Logistiek op bedrijventerreinen -Samen met de buren

Samen met de buren	Ruimtelijke voorwaarden	Ruimtelijke uitdaging / consequenties	Sturing en instrumenten	Afhankelijkheden stakeholders	Tijd
	• Alle maatregelen die benodigd zijn voor het laden, worden binnen het eigen terrein opgelost. • In de optie dat er op een ander perceel geladen wordt, dient deze opengesteld te worden voor de ander. • Wanneer er sprake is van doortrekken van een kabel, dan moeten de percelen aangrenzend zijn.	• Elektrificeren van verwarmingsopgave van de panden neem je mee in de verzwarend van je netwerk. • Voor bedrijventerreinen met een mix aan gebruikers die een complementair gebruiksprofiel hebben is het mogelijk een kans om meer samen te werken. • Deze variant kent uitdagingen: het is maatwerk, ondernemers moeten elkaar vinden, de informatievoorziening van het netwerk ontbreekt vaak en gebruik is onbekend en wet- en regelgeving kunnen opties tegenhouden.		• Juridisch zijn er uitdagingen voor delen aansluiting. • Gegevens over het netwerk en gebruiksprofielen is alleen bij de netbeheerder bekend. • Een regionale ontwikkelmaatschappij kan een bemiddelende rol op zich nemen.	

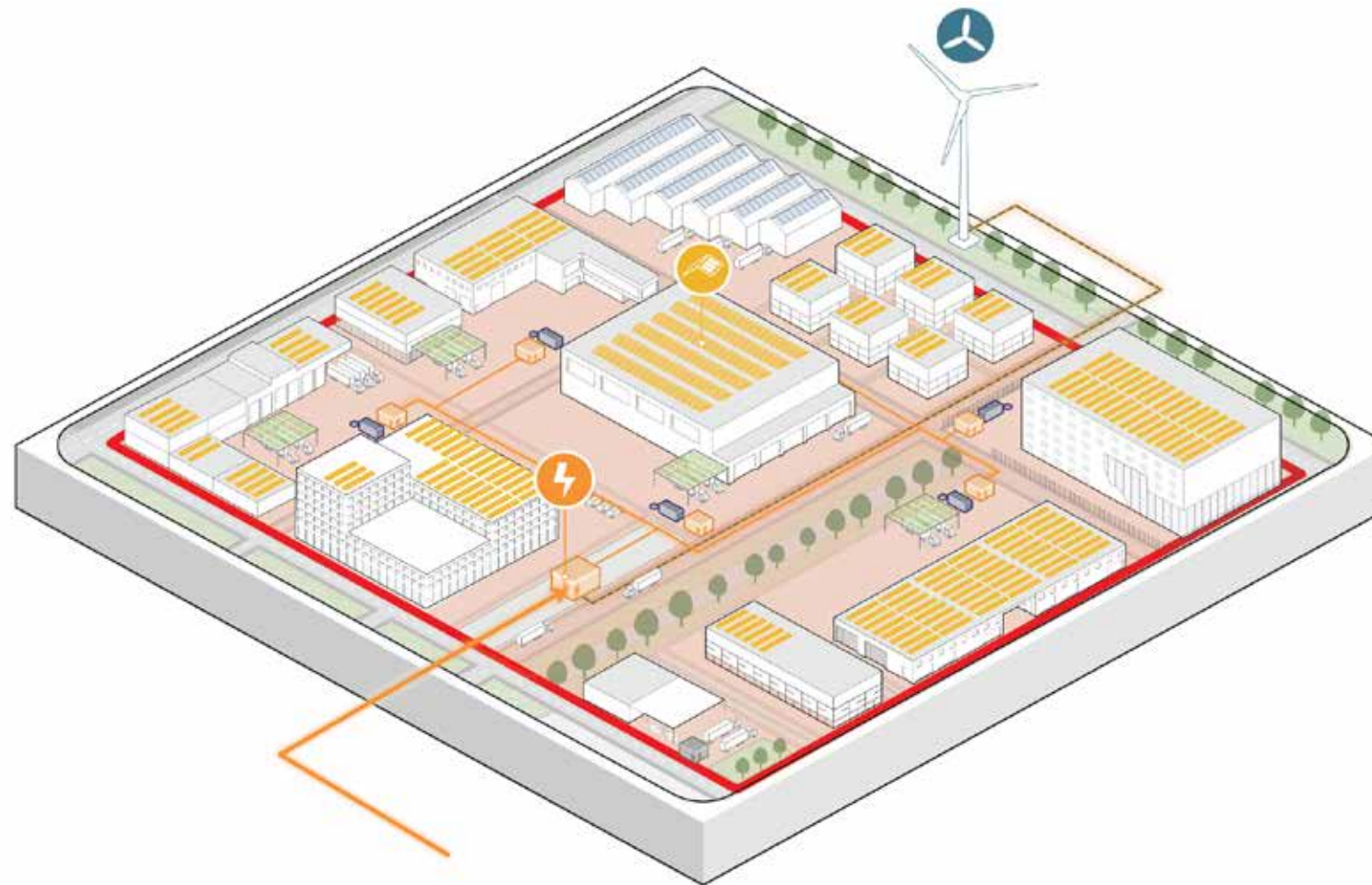
Logistiek op bedrijventerreinen - Collectief op eigen terrein

Verduurzamingsmaatregel

- Binnen het bedrijventerrein wordt een collectieve nieuwe aansluiting gerealiseerd in combinatie met een (gesloten) netwerk naar de kavels. Het laden vindt dan plaats op de terreinen zelf.
- Private oplossing

Mitigerende maatregelen

- Doordat de aansluitingen op de terrein ook worden verzwakt is het mogelijk zonne-energie te verbinden binnen het netwerk.
- Als er ruimte voor windenergie is, kan deze ook binnen het netwerk aangesloten worden.



Relatie of effecten op het centrale systeem

- Netuitbreiding is noodzakelijk.
- Mogelijk is een gesloten systeem de beste oplossing of kan er met groepscontracten efficiency behaald worden

Logistiek op bedrijventerreinen - Collectief op eigen terrein

	Ruimtelijke voorwaarden	Ruimtelijke uitdaging / consequenties	Sturing en instrumenten	Afhankelijkheden stakeholders	Tijd
Collectief op eigen terrein	- Het is een collectieve variant die net als de individuele variant de ruimte op eigen terrein benut. - Collectiviteit is een voorwaarde wat betekent dat iedereen mee zou kunnen doen. - Mocht er een ongebruikt terrein in bezit zijn van een stakeholder, dan is dit ook een optie om een gedeelde laadplek te maken. - Private oplossing.	- Mocht in de toekomst een bedrijf verdwijnen, dan ligt er al een goede aansluiting voor een toekomstige nieuw bedrijf. - Mocht er een nieuw netwerk worden aangelegd, dan kan hier breder gekeken worden naar het elektriciteitsverbruik dan enkel naar mobiliteit.		Collectief initiatief moet worden opgericht of kan door parkmanagement worden geïntroduceerd.	

Logistiek op bedrijventerreinen - Collectief laadplein

Verduurzamingsmaatregel

- Binnen het bedrijventerrein gaat men opzoek naar een centrale collectieve oplossing in de vorm van laadplein.
- Binnen de contouren van het terrein wordt gezocht naar een vrije plek. Dit kan op een stuk grond dat nog niet ontwikkeld is of er wordt een deel van de openbare ruimte hiervoor geschikt gemaakt.
- Dit laadplein kan privaat zijn, maar ook publiek.

Mitigerende maatregelen

- Bij een grootschalige collectieve oplossing binnen het bedrijventerrein kan er meer op een planmatige gekeken worden naar de optimalisatie van aanbod en vraag.
- Windenergie kan worden toegevoegd. Zonne-energie van daken kan worden benut als deze op juiste manier verbonden is.
- Batterijen kunnen ook hier een rol spelen op plek van het plein.



Relatie of effecten op het centrale systeem

- Met een collectieve oplossing kan er binnen het netwerk worden gezocht naar een optimale oplossing voor het netwerk.
- Wanneer het lukt om zoveel mogelijk lokaal opgewekte elektriciteit binnen het gebied zelf te gebruiken kan het effect op de andere schaalniveaus minder groot zijn.

Logistiek op bedrijventerreinen - Collectief laadplein

Collectief laadplein	Ruimtelijke voorwaarden	Ruimtelijke uitdaging / consequenties	Sturing en instrumenten	Afhankelijkheden stakeholders	Tijd
	- Binnen het bedrijventerrein moet er een locatie worden gevonden voor een laadplein en dit kan een private of publieke grond zijn. Wanneer het publieke grond is kan het ten koste van groen gaan, wat juist gewaardeerd wordt binnen deze terreinen. - De vrije plek moet ook geschikt zijn voor het extra verkeer dat er heengaat. - Doordat een locatie nieuw ontwikkeld wordt kan het ruimtelijk goed ingepast worden. - Voor de mogelijk bijkomende opwek is het wel een ruimtelijke claim nodig buiten de locatie.	- Voor bestaande terreinen kan het een uitdaging zijn om ruimte te vinden voor een laadplein en het heeft vaak niet de voorkeur om hier publieke ruimte voor op te geven. - Bij nieuw te ontwikkelen terreinen kan rekening gehouden worden met ruimte voor een laadplein met bijbehorende infrastructuur. - Een laadplein kan worden ontwikkeld met een privaat karakter, maar kan ook semi-privaat of publiek zijn. Hierbij kan ook gedacht worden aan een externe ontwikkelaar. - Voor een slimme keuze kan men zoeken naar plekken waar al veel aanbod van zonne- of windenergie aanwezig is of waar een aansluiting gedeeld kan worden.		Het is belangrijk dat alle stakeholders: onderlinge ondernemers, gemeente en netbeheerders elkaar vinden op een goede manier. Mogelijk kan de gemeente hier een voortrekkersrol in nemen.	

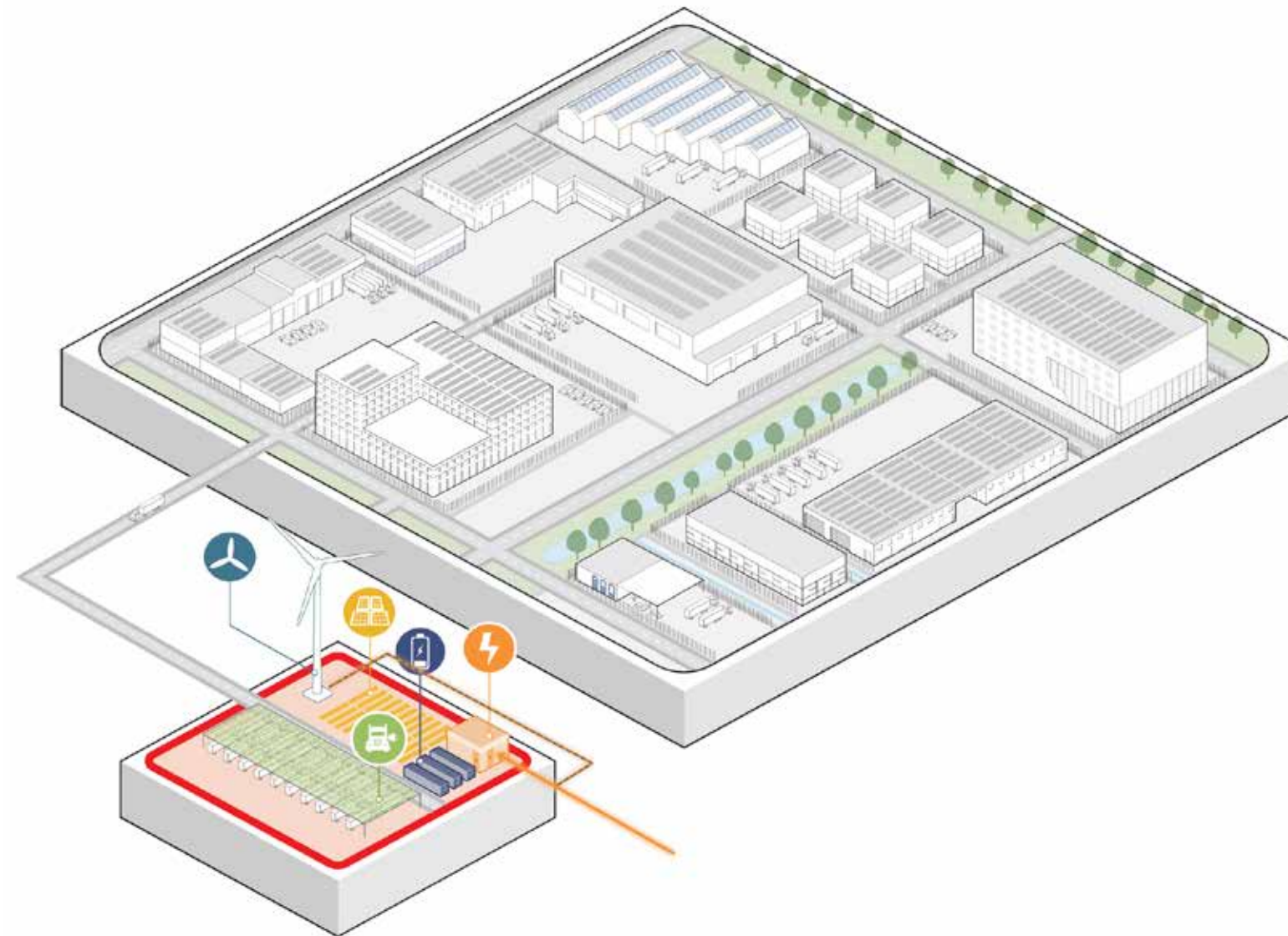
Logistiek op bedrijventerreinen - Buiten het eigen terrein

Verduurzamingsmaatregel

- Binnen het bedrijventerrein is er onvoldoende mogelijkheid voor laadoplossingen.
- Het wordt met andere gebruikers.
- Met de regio wordt er gezocht naar een strategische locatie voor een regionale
- Een strategische locatie kan worden bepaald op basis van de weginfrastructuur met de vervoersbewegingen of op basis het energienetwerk waar een aansluiting van extra vraag ingevuld kan worden.

Mitigerende maatregelen

- Bij een nieuwe strategische locatie is het wenselijk om dit te combineren met grootschalige opwek van zonne-energie en windenergie.
- Bij het ontwikkelen van de nieuwe locatie kan de optimalisatie van het netwerk centraal staan.
- Batterijen kunnen hier onderdeel van zijn.



Relatie of effecten op het centrale systeem

- Doordat de oplossing buiten het gebied plaats vindt er een volledige afwenteling plaats buiten het gebied.
- Op een andere plek wordt er een nieuwe vraag gecreëerd.
- Daarnaast kan de opgewekte elektriciteit mogelijk niet optimaal lokaal worden ingezet. Waardoor deze niet wordt benut.

Logistiek op bedrijventerreinen - Buiten het eigen terrein

	Ruimtelijke voorwaarden	Ruimtelijke uitdaging / consequenties	Sturing en instrumenten	Afhankelijkheden stakeholders	Tijd
Buiten het eigen terrein	Hiervoor geldt dat er op een strategische locatie buiten het terrein een locatie gevonden moet worden voor een laadplein met bijbehorende opwek. Wanneer dit zowel snel- als slim laden bevat, zal er een extra voorziening getroffen moeten worden om de chauffeurs van en naar deze plek te laten reizen. Ook trekt het extra verkeer.	In deze variant kan er binnen een regio strategisch gezocht worden naar een oplossing waarbij meerdere terreinen geholpen kunnen worden. Wanneer er een locatie is waar zonne- en windenergie als samen komen op een gunstige locatie, kan dit voordelig werken. Het stimuleert niet om de ruimte binnen het bedrijventerrein optimaal in te zetten. Toekomstige alternatieven zijn het wisselen van accupakketten.		Vanwege het regionale karakter van het vraagstuk is de provincie een extra stakeholder en zou mogelijk een voortrekkersrol kunnen innemen.	

Nieuwbouwwijken

Nederland staat voor een grote woningbouwopgave. Enerzijds gaat het om verdichtingsopgaven anderzijds om uitbreidingen zowel binnen stedelijke gebieden als nieuwe woningbouw in dorpen.

Voor dit rapport richten we ons op nieuwbouwwijken en de mogelijkheden om decentrale energiesystemen daarin te integreren. Bij de analyse van woningbouw en het opstellen van de configuraties voor decentralere ontwikkelingen, kijken we naar verschillende opzetten van de balanswijk.

Binnenstedelijke nieuwbouwlocaties lenen zich beter voor warmte oplossingen door de hoge dichtheden en een combinatie van functies. Hier ligt een duidelijke ruimtelijke en technische uitdaging: de energievoorziening moet passen binnen het stedelijke weefsel, terwijl er voldoende leveringszekerheid van een bron moet zijn. In het buitengebied liggen (kleinschalige) woningbouwplannen bij meerdere dorpen

verspreid. Hier rijst de vraag of decentrale energiesystemen per wijk of dorp kunnen functioneren, of dat clustering noodzakelijk is om een gebalanceerd en betrouwbaar systeem te realiseren. Voor een succesvolle implementatie zijn zowel aan de aanbod- als aan de vraagzijde voorwaarden nodig:

Aanbodzijde: voldoende lokale bronnen (biomassa, zon, geothermie, restwarmte) en flexibiliteit in capaciteit; hier combineren van windenergie met meerdere dorpen.

Vraagzijde: aansluiting van woningen en gebouwen op een systeem dat efficiënt kan leveren, rekening houdend met pieken en dalen in energieverbruik, niet veel energie vragen. Het totale verbruik van de woningen moet goed in beeld gebracht worden daarbij wordt koeling vaak vergeten, terwijl het een grote elektriciteitsvraag heeft. De woongebieden die nu in ontwikkeling zijn bevinden zich allemaal in een andere fase van de planvorming. Gedurende het onderzoek

constateerden we dat de configuraties vooral werken voor plannen die nog niet te ver gevorderd zijn. De verschillende configuraties vragen extra ruimte, andere afspraken met betrokken partijen of over verplaatsingen van bepaalde functies.

Daarnaast speelt het schaalniveau van de ingreep een belangrijke rol bij op welk moment in het proces wijzigingen nog gemaakt kunnen worden. Belangrijk is om te onderzoeken of deze configuraties ook effectief functioneren wanneer ze worden opgeschaald naar een grotere context, zoals bij een regionale aanpak.

Inzichten uit werksessie case studie nieuwbouw

In de werksessies met de betrokken provincies en de gemeente werd duidelijk dat de meeste wijken al ver zijn ontwikkeld, waardoor het lastig is om nieuwe maatregelen in de wijken zelf op te nemen. Dit komt enerzijds doordat in de bestaande plannen vrijwel geen ruimte meer beschikbaar is voor collectieve voorzieningen zoals batterijen, warmteopslag of extra opwekcapaciteit. Het toevoegen van dergelijke voorzieningen gaat namelijk ten koste van uitgeefbaar terrein, groen of wateroppervlak, terwijl deze juist nodig zijn om te voldoen aan eisen voor klimaatadaptatie.

Daarnaast is het moeilijk om maatregelen op het niveau van woningen of de wijk alsnog te realiseren wanneer deze niet vooraf zijn opgenomen in de grondexploitatie. Het toevoegen van dergelijke maatregelen leidt tot hogere kosten voor de wijk en de woningen, waardoor de betaalbaarheid onder druk komt te staan.

Voor de langere termijn bieden de configuraties wel kansen. Ze helpen om bij het ontwerp van nieuwe wijken tijdig rekening te houden met geschikte

locaties en het reserveren van extra ruimte. Ook kunnen plekken voor opwek en opslag buiten de wijk al eerder worden vastgelegd.

De configuraties laten zien dat woonwijken in alle gevallen een ruimtevraag buiten de wijk hebben, maar dat deze vraag wel kan worden beperkt. De ruimtevraag is het laagst bij externe bronnen en het hoogst bij wijkgebonden systemen.

Vanuit het perspectief van ruimtegebruik kost een wijk die wordt aangesloten op een externe warmtebron het minste ruimte. Deze warmtebron moet dan wel beschikbaar zijn. Bovendien is het op stadsniveau de vraag of je deze schaarse warmtebronnen wilt inzetten voor geheel nieuwe wijken. Wanneer warmte niet beschikbaar is, vormen collectieve energiesystemen binnen de wijk een goede oplossing om de externe ruimtevraag te beperken en zoveel mogelijk binnen de wijk zelf te organiseren.

Collectieve systemen zoals externe warmte, een microgrid of een collectieve WKO zorgen voor een sterke verweving van verantwoordelijkheden. Gemeente, netbeheerders, ontwikkelaars en exploitanten moeten intensief samenwerken en dezelfde planning volgen. Dit vergroot de bestuurlijke complexiteit, maar zorgt wel voor een energievoorziening met een hoge mate van efficiëntie en lagere externe ruimteclaims.

Het voordeel van collectieve systemen is dat ze beter te reguleren en te sturen zijn. Bij individuele oplossingen zijn bewoners een grote factor in het functioneren van het energiesysteem. De wijk wordt afhankelijk van hun gedrag: hoe thuisbatterijen worden gebruikt, wanneer elektrische apparaten of warmtepompen draaien, en hoe zij omgaan met hun energieverbruik.

Nieuwbouw - schaalniveaus



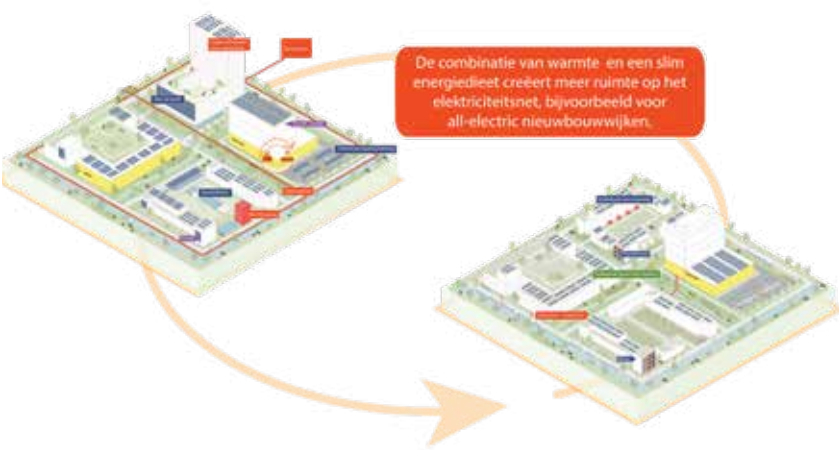
Individueel

op niveau van een enkel gebouw



Wijk

uitwisseling en samenwerking tussen een cluster van woningen en mogelijke ondersteunende voorzieningen



Gebied (stad)

de relatie en rol van de nieuwbouw wijk met de omgeving en de stad als geheel



Regio

afstemming tussen alle ontwikkelingen in een regio

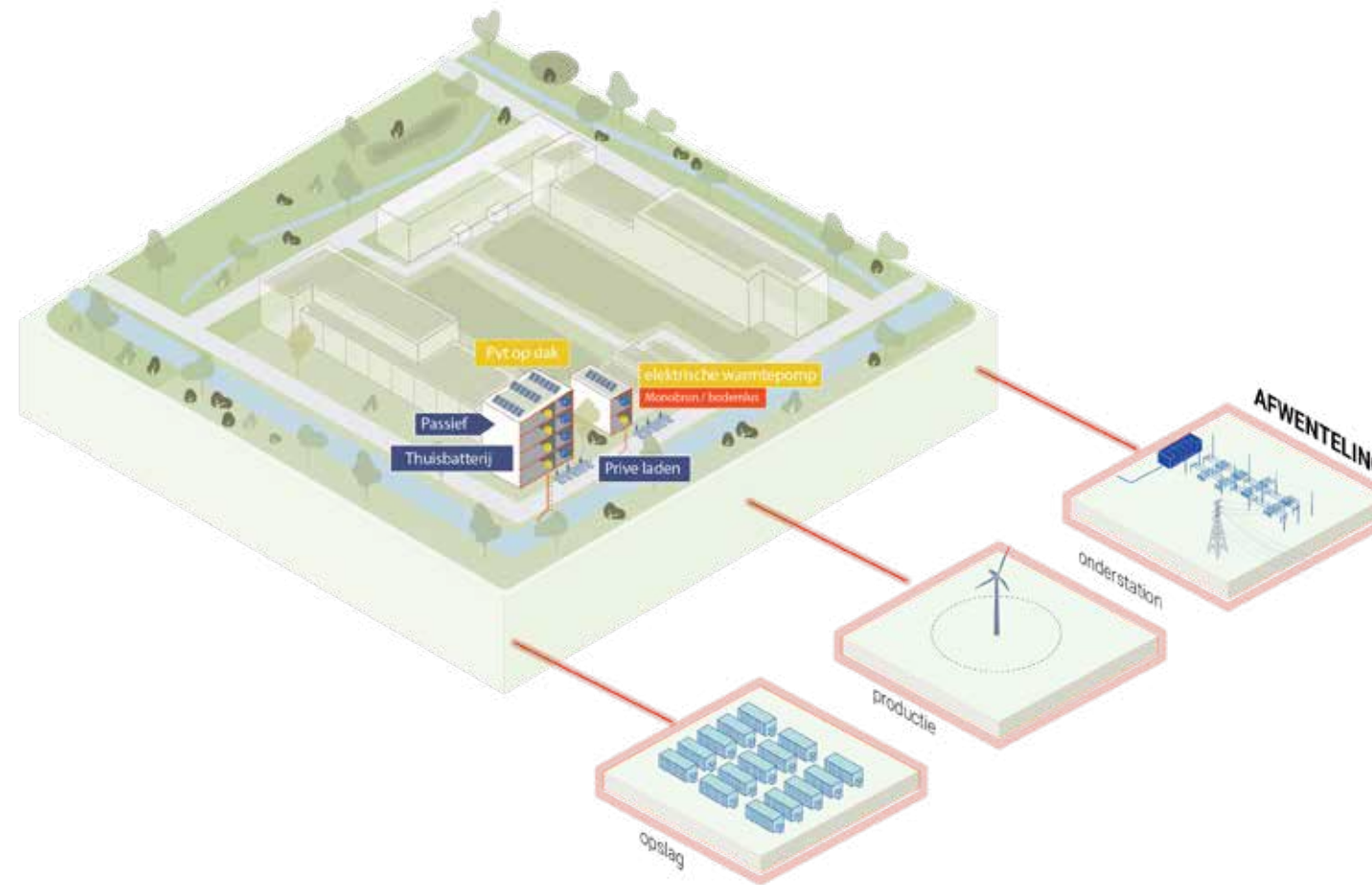
Nieuwbouw - Individueel

Verduurzamingsmaatregel

- Bij ontwikkeling van de wijk zijn geen afspraken gemaakt over centrale systemen.
- Elke ontwikkeling gaat uit van een eigen systeem met warmte-pomp en PVT panelen op alle daken voor extra elektriciteit en warmte.
- Voor het vervoer is uitgegaan van toename van elektrisch rijden.

Mitigerende maatregelen

- Om de vraag te verminderen worden mitigerende maatregelen toegepast door de woningen passief te bouwen.
- Verbruik op jaarbasis meer in balans brengen door warmte via een bodemlus op te slaan.
- Verbruik over de dag wordt in balans gebracht door per woning een thuisbatterij.



Relatie of effecten op het centrale systeem

Passief bouwen vermindert de netbelasting. Individuele warmtepompen met thuisbatterijen en bodemlussen helpen huishoudens en dragen dagelijks bij aan regionale netstabiliteit.

Warmtepompen vragen veel stroom, vooral 's ochtends en 's avonds in de winter, terwijl thuisbatterijen te klein zijn om pieken substantieel te dempen. Dit kan leiden tot hogere piekbelasting, extra opwek en infrastructuur buiten de wijk, zoals onderstations, middenspanningsruimtes of opslag.

PVT-panelen dekken niet de volledige vraag, waardoor extra opwek buiten de wijk, bijvoorbeeld via windenergie, nodig is.

Nieuwbouw - Individueel

Individueel	Ruimtelijke voorwaarden	Ruimtelijke uitdaging / consequenties	Sturing en instrumenten	Afhankelijkheden stakeholders	Tijd
	Passieve woningen vragen aangepaste straat- en verkavelingsstructuren. Oriëntatie van woningen bij voorkeur op het zuiden, om de zoninstraling en energieproductie te maximaliseren voor passieve woningen. Daken moeten geschikt zijn voor PVT-panelen, waardoor opwek en warmtewinning gecombineerd mogelijk is. Beschikbare ruimte moet worden gereserveerd voor installaties voor opwekking en opslag, zowel in als rondom de woning. In de wijk extra ruimte reserveren voor elektriciteitshuisjes vanwege de warmtepompen.	Regels binnen het stedenbouwkundig plan en per kavel voorkomen schaduw van hoge gebouwen of bomen op PVT-panelen en passieve warmtewinsten; voldoende zonlicht is essentieel voor energieopbrengst. Installaties voor warmtepompen, buffers en batterijen nemen veel ruimte in, wat leidt tot minder bruikbare vloeroppervlakte of grotere woningen. In de ondergrond moeten bodemlussen en mono-bronnen voldoende afstand houden om interferentie te voorkomen en duurzame warmte-/ koudeopslag te behouden. Het ondergrondse systeem fungeert als seizoensbuffer; ongecoördineerde plaatsing kan thermisch evenwicht verstoren, efficiëntie verlagen en toekomstige uitbreidingen beperken.	Anterieure overeenkomsten, buurtbudgetten.	Sturing ligt vooral bij netbeheerders en overheid, uitvoering bij ontwikkelende partijen in de wijk. Individuele oplossingen zijn kostbaar en drukken op de betaalbaarheid. Bewoners beïnvloeden sterk het energiesysteem: gebruik van thuisbatterijen, apparaten en warmtepompen bepaalt het verbruik. Zonder collectieve sturing zijn pieken moeilijk voorspelbaar, waardoor het net zwaarder moet worden uitgevoerd en netbeheerders afhankelijk zijn van zowel verzwaringen als bewonersgedrag.	De maatregelen bevinden zich op niveau van het gebouw of de woning. Plannen die al ver zijn in ontwikkeling hoeven niet op stedenbouwkundig niveau meer aangepast worden. Het vraagt wel om afspraken met de ontwikkelende partijen die vaak ook anterieur al zijn vastgelegd.

Nieuwbouw - wijkniveau - elektrisch

Verduurzamingsmaatregel

- Bij ontwikkeling van de wijk worden afspraken gemaakt over een collectief systeem met een gedeelde WKO installatie en Aquathermie.
- De ontwikkeling gaat uit van zonnepanelen op alle daken en gevel voor extra elektriciteit. Voor het vervoer is uitgegaan van toename van elektrisch rijden.

Mitigerende maatregelen

- Om de vraag te verminderen worden mitigerende maatregelen toegepast door de woningen passief te bouwen.
- Door slim laden en profielen van de verschillende functies op elkaar af te stemmen en ook werken en voorzieningen in de wijk aan te leggen is er meer balans in gebruik over de dag.
- Verschillen in seizoen worden opgevangen door de opgewekte energie collectief op te slaan in batterijen in de wijk. Deze batterijen kosten ruimte en zorgen voor minder uitgeefbare m2.



Relatie of effecten op het centrale systeem

Een collectief systeem met WKO en opslag benut warmte en elektriciteit beter en slaat energie op voor winterpiekmomenten. Het afstemmen van verschillende energieprofielen draagt dagelijks bij aan meer balans en lagere piekvraag.

Het aantal batterijen is beperkt om de wijk leefbaar te houden. Tijdens winterpiekmomenten blijft er een belasting op het net, omdat zonnepanelen alleen onvoldoende opwek leveren; extra opwek buiten de wijk, bijvoorbeeld via wind, is nodig. Dit zorgt voor ruimtebeslag buiten de wijk, maar minder dan bij individuele oplossingen.

Nieuwbouw - wijkniveau - elektrisch

	Ruimtelijke voorwaarden	Ruimtelijke uitdaging / consequenties	Sturing en instrumenten	Afhankelijkheden stakeholders	Tijd
Wijk	Passieve woningen vragen aangepaste straat- en verkavelingsstructuren. Oriëntatie van woningen bij voorkeur op het zuiden, om de zoninstraling en energieproductie te maximaliseren voor passieve woningen. Daken moeten geschikt zijn voor PV-panelen, waardoor opwek en warmtewinning gecombineerd mogelijk is. Voor aquathermie is voldoende oppervlaktewater nodig, dat goed bereikbaar is voor warmte-extractie, ruimte voor leidingen en installaties, en aandacht voor waterkwaliteit en doorstroming. Ondergrond moet geschikt zijn voor WKO installatie	Regels en afspraken binnen het stedenbouwkundig plan en op niveau van de kavel om schaduw door hoge gebouwen of bomen te voorkomen voor de PVT-panelen en passieve warmtewinsten. Voldoende zonlichttoetreding in de woningen is essentieel voor voldoende energieopbrengst. Het inpassen van collectieve batterijen en zonnepanelen vraagt extra ruimte in het stedenbouwkundig plan. Dit kan ten koste gaan van andere ruimtevragers zoals groen, water of woningen.	Energie profielen op elkaar afstemmen vraagt om een tussenpartij die bijstuurt wanneer nodig.	Samenwerking tussen alle partijen in de wijk is cruciaal. De gemeente is afhankelijk van de technische haalbaarheid en capaciteit van WKO en aquathermie om de wijk planologisch vast te stellen. Het waterschap is nodig voor watergebruik, netbeheerders voor de impact op het net en leveringszekerheid; investeringen in netcapaciteit moeten aansluiten bij de gekozen mix van warmte en elektriciteit. Het project hangt af van tijdige beschikbaarheid van bronnen, leidingen en technische installaties. De bouwwijze (passief) beïnvloedt warmte- en koelcapaciteit, waardoor ontwerp en energievoorziening nauw verweven zijn.	De ingrepen hebben een impact op ruimtegebruik in de wijk en vragen om collectieve investeringen. Vroegtijdig bij het opstellen van plannen moeten deze consequenties voor alle stakeholders al inzichtelijk gemaakt worden.

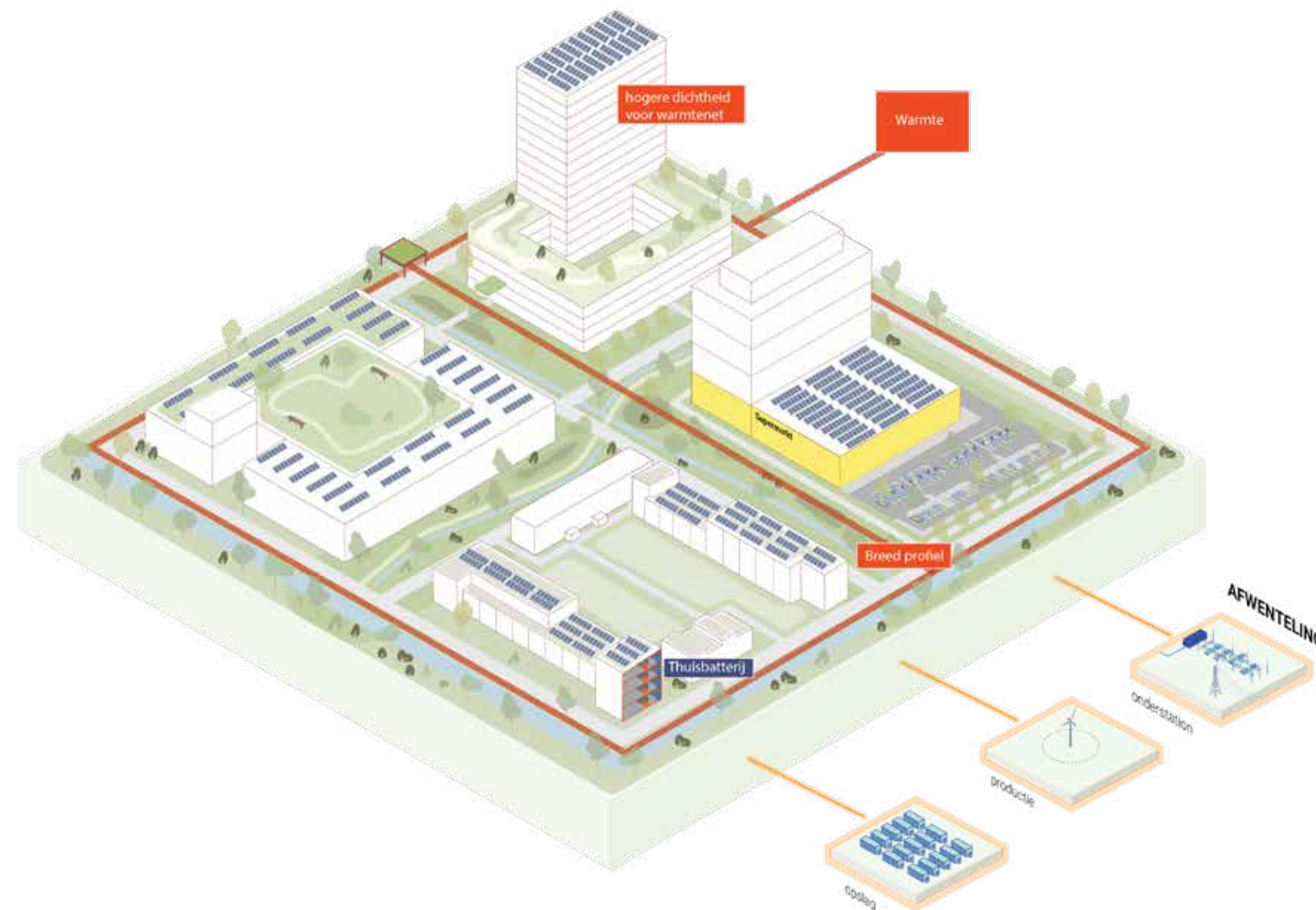
Nieuwbouw - wijkniveau - warmte

Verduurzamingsmaatregel

- Bij ontwikkeling van de wijk blijkt warmte uit een externe warmtebron beschikbaar te zijn, duurzame restwarmte of geothermie. Een collectief warmtesysteem met een warmtenet voorziet in de warmtevraag en vermindert de elektriciteitsvraag.
- De ontwikkeling gaat uit van zonnepanelen op alle daken en gevel voor extra elektriciteit. Voor het vervoer is uitgegaan van toename van elektrisch rijden.

Mitigerende maatregelen

- Verbruik over de dag wordt in balans gebracht door per woning een thuisbatterij.
- Door slim laden is er meer balans in gebruik over de dag.



Relatie of effecten op het centrale systeem

Vermindering van de elektriciteit door het aanbod van warmte ontlast het net. Warmtebronnen zijn voor het centrale systeem dus een goed idee.

De elektriciteit opwek in de wijk is echter niet voldoende tijdens momenten zonder zon, waardoor de wijk op die momenten nog afhankelijk blijft van het net. Thuisbatterijen zorgen alleen voor opvang gedurende dag maar niet voor het gehele seizoen. Voor deze momenten is er ook opwek buiten de wijk nodig.

Nieuwbouw - wijkniveau - warmte

Wijk	Ruimtelijke voorwaarden	Ruimtelijke uitdaging / consequenties	Sturing en instrumenten	Afhankelijkheden stakeholders	Tijd
	De wijk moet voldoende dichtheid hebben om een warmtenet rendabel te maken. Een compacte wijk met hoge dichtheid zorgt voor kortere leidingen, minder verlies van warmte en lagere kosten. Voor warmtenetten en andere energie infrastructuur is het belangrijk ruimte te reserveren in straatprofielen. Bij de aanleg van het trace van een warmtenet rekening houden met afstanden tot obstakels. Vereist dat er een betrouwbare warmtebron beschikbaar binnen een beperkte straal rondom de wijk voor een continue en stabiele warmtevoorziening te garanderen. Afleverset in de woningen opnemen.	Compacter bouwen en hogere dichtheid bouwen is op plekken waar weinig voorzieningen zijn een uitdaging. Creëer een mix van functies met verschillende energieprofielen. Door deze te combineren binnen hetzelfde warmtenet ontstaat een constante warmtevraag gedurende dag en nacht. De verschillende systemen moeten goed worden gecoördineerd om efficiënt gebruik te maken van de beschikbare ondergrondse ruimte en om verstoringen van bestaande infrastructuur te minimaliseren. Windenergie kan niet binnen de wijk worden geplaatst. Ook de warmtevoorziening komt van buiten de wijk en heeft daar een ruimteclaim.		De woninguitvoering en de haalbaarheid van het warmtenet drukken op de betaalbaarheid. Warmtenetten zijn vooral rendabel bij voldoende warmteafname. De overheid is afhankelijk van de beschikbaarheid en capaciteit van de externe warmtebron om de wijk planologisch te kunnen ontwikkelen. Zonder zekerheid over levering kan de bouw niet starten. De ontwikkelaar is afhankelijk van tijdige aanleg van de warmte-infrastructuur; zonder warmtevoorziening kunnen woningen niet worden opgeleverd. Vertraging bij bron of leidingen leidt direct tot bouwvertraging. Naast netbeheerders spelen ook warmteleveranciers of exploitanten een rol.	De beschikbaarheid van restwarmte moet tijdig in het proces bekend zijn, zodat dit meegenomen kan worden in de uitwerking, het stedenbouwkundig plan en de woningbouw. Voor de uitwerking is het belangrijk dat de warmte langdurig beschikbaar blijft.

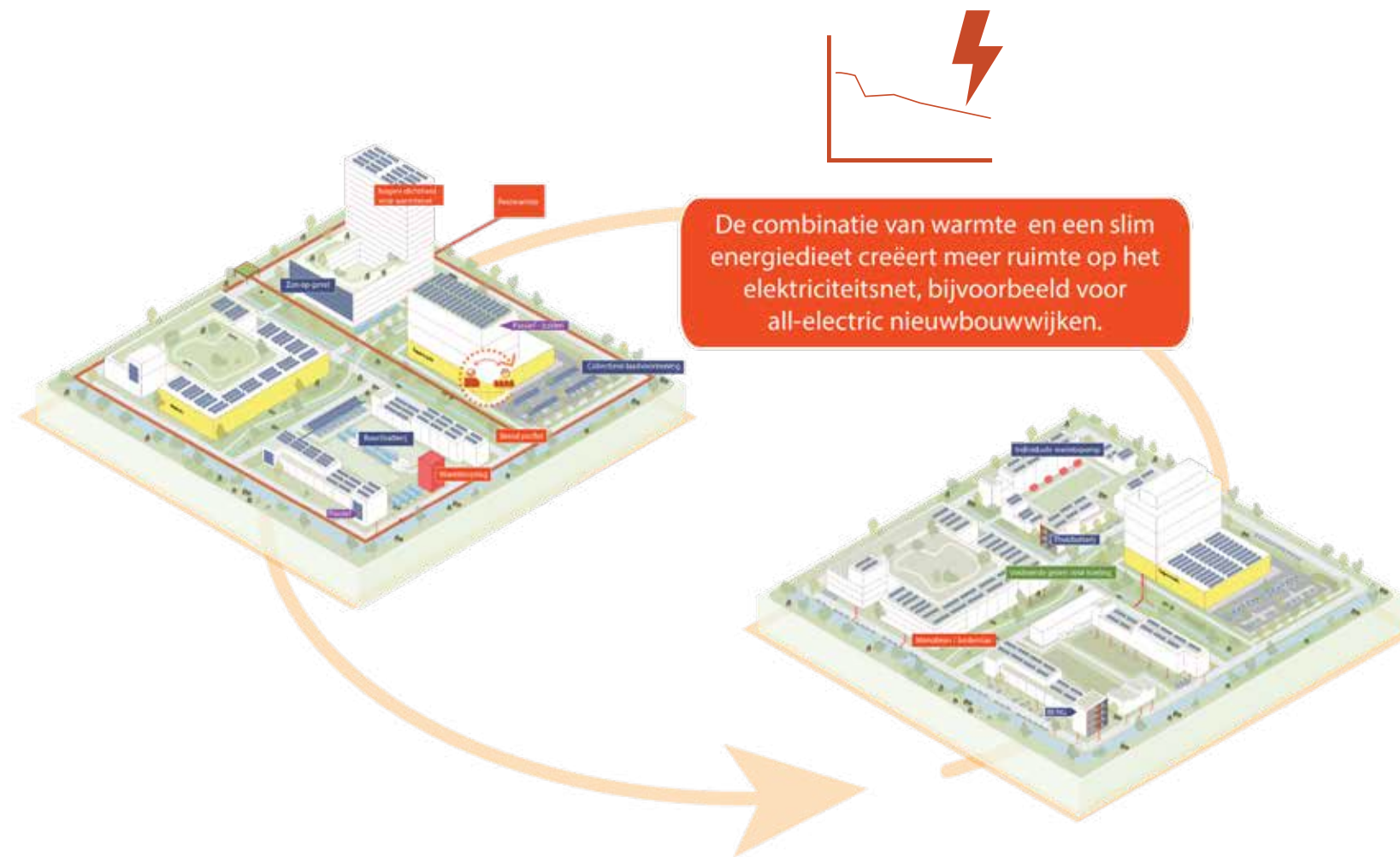
Nieuwbouw - gebiedsschaal (stad) - warmte

Verduurzamingsmaatregel

- Bij ontwikkeling van de wijk blijkt warmte uit een externe warmtebron beschikbaar te zijn, duurzame restwarmte of geothermie. Een collectief warmtesysteem met een warmtenet voorziet in de warmtevraag en vermindert de elektriciteitsvraag.
- Stel dat je deze wijk nu op een strenger energiedieet zet zodat de vraag van zowel warmte als elektriciteit verminderd blijft er meer warmte over voor andere gebieden of neemt de ruimteclaim van deze wijk in de stad nog meer af.

Mitigerende maatregelen

- Extra opwek in de wijk op gevels en boven parkeerplaatsen in combinatie met buurtbatterijen zorgt ervoor dat er jaarrond meer elektriciteit lokaal beschikbaar is.
- De externe warmte wordt voor een deel als het verbruik laag is opgeslagen worden voor momenten in de winter wanneer de vraag hoog is.
- Door ook in deze wijk hogere eisen te stellen aan de warmtevraag van de woningen bijvoorbeeld door passief bouwen is de vraag nog lager.



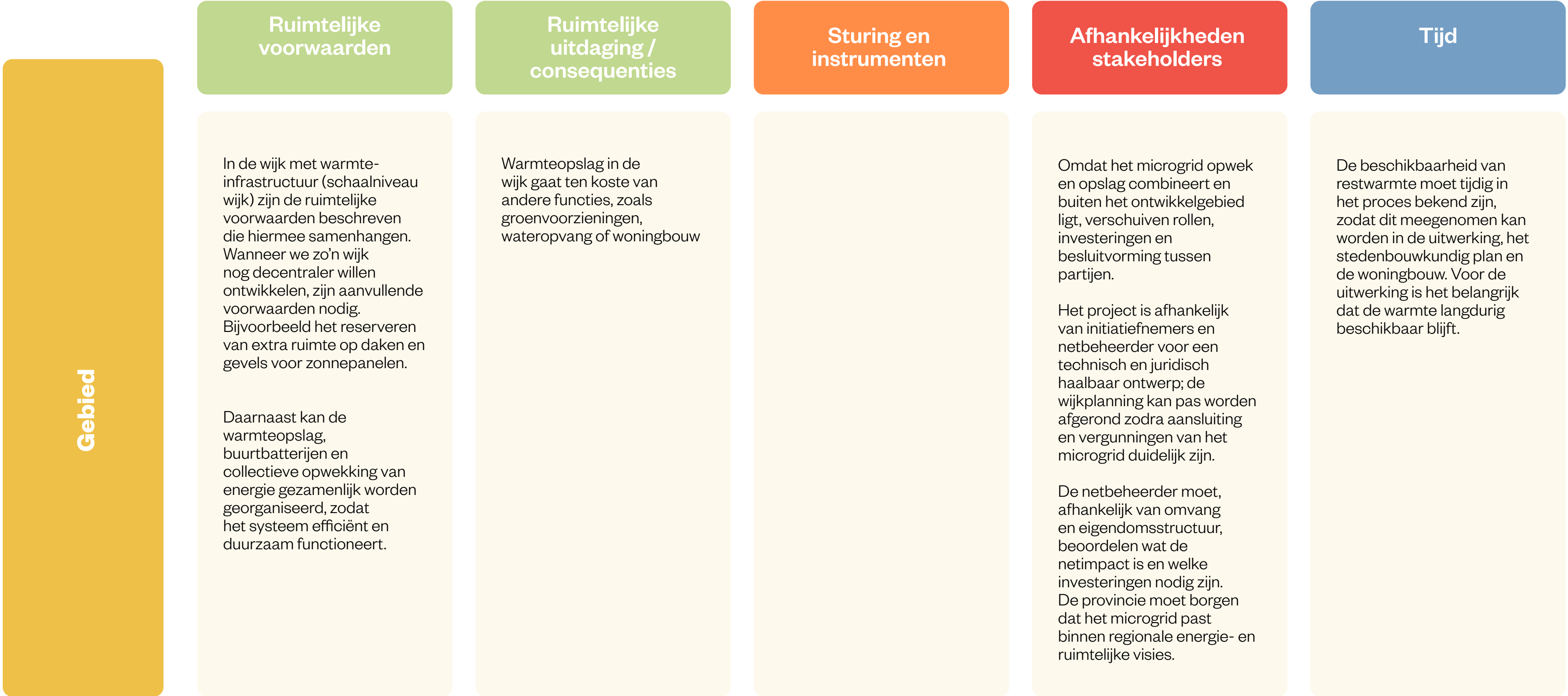
Relatie of effecten op het centrale systeem

Door beperken van de vraag, meer opwekking en opslag binnen de wijk, in combinatie met een warmtenet, wordt de belasting op het centrale net nog meer beperkt. Daarmee blijft er extra capaciteit

over op het net voor andere wijken in de omgeving die bijvoorbeeld all-electric uitgevoerd moeten worden omdat er geen warmte beschikbaar is.

De extra opwek in de wijk die niet nodig is kan ingezet worden voor omliggende wijken of eventueel andere functies. Andere opties zijn om in de zomer te curtailen om het net niet andersom teveel te belasten.

Nieuwbouw - gebiedsschaal (stad) - warmte



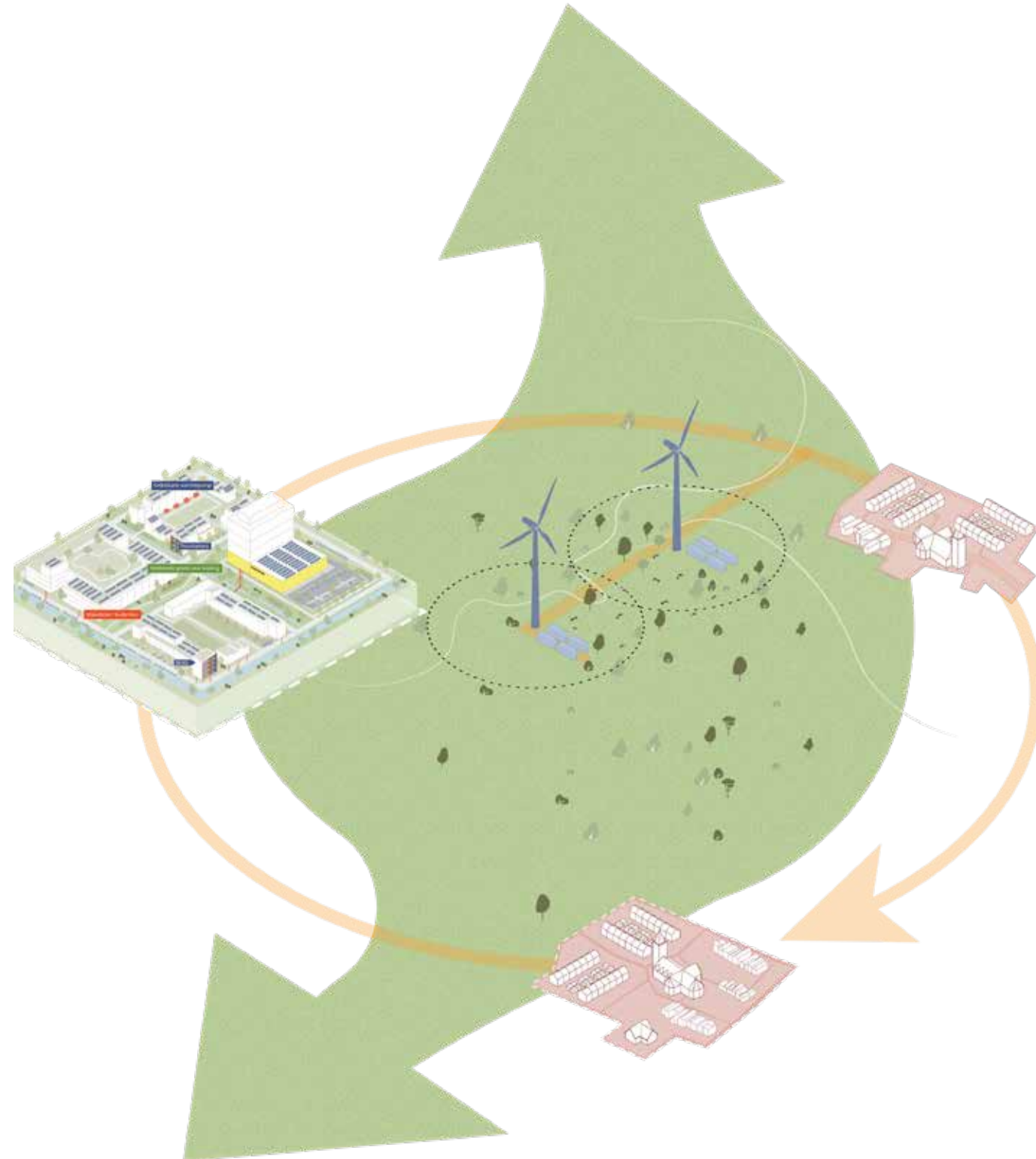
Nieuwbouw - gebiedsschaal (stad) - microgrid

Verduurzamingsmaatregel

- Besparingen in de wijk vinden plaats door passief te bouwen. Slim laden en profielen op elkaar afstemmen zorgen voor een beter balans.
- In eerste instantie wordt zoveel mogelijk opwek en opslag binnen de wijk met collectieve opslag

Mitigerende maatregelen

- Bij een volledig elektrische wijk kan niet alles binnen de wijk opgelost worden. Door de ontwikkeling van de wijk met aangrenzende ontwikkelingen op stadsschaal te bekijken kan aanvullende opwek en opslag lokaal opgelost worden.
- Nieuwbouwwijk die aan de randen van de stad liggen kunnen hierdoor samen met dorpen in het buiten gebied op een micro-grid aansluiten.

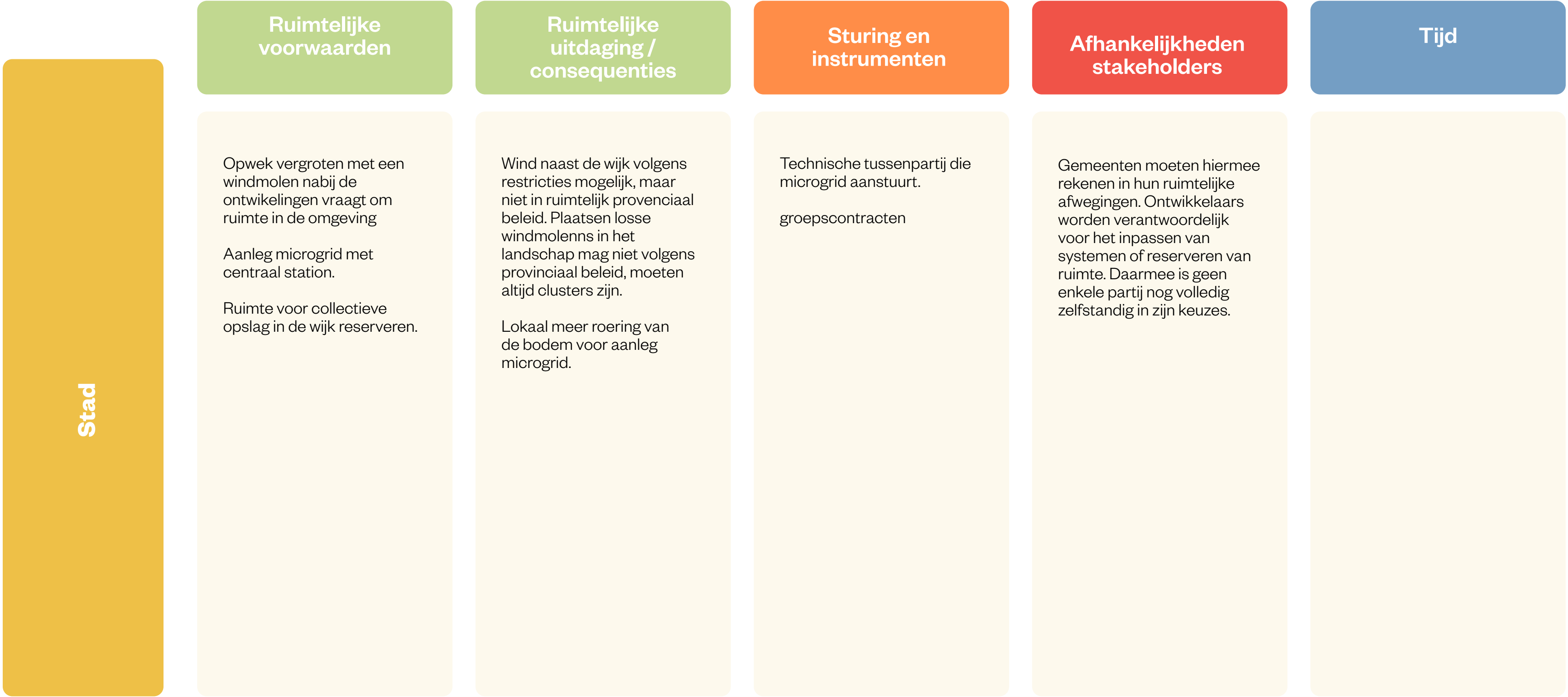


Relatie of effecten op het centrale systeem

Vergroten van de opwek in de buurt van de wijk door het toevoegen van een windturbine.

Hiermee is jaarrond elektriciteit beschikbaar wat aangevuld met een aantal batterijen een zeer lage belasting van het net vraagt.

Nieuwbouw - gebiedsschaal (stad) - microgrid



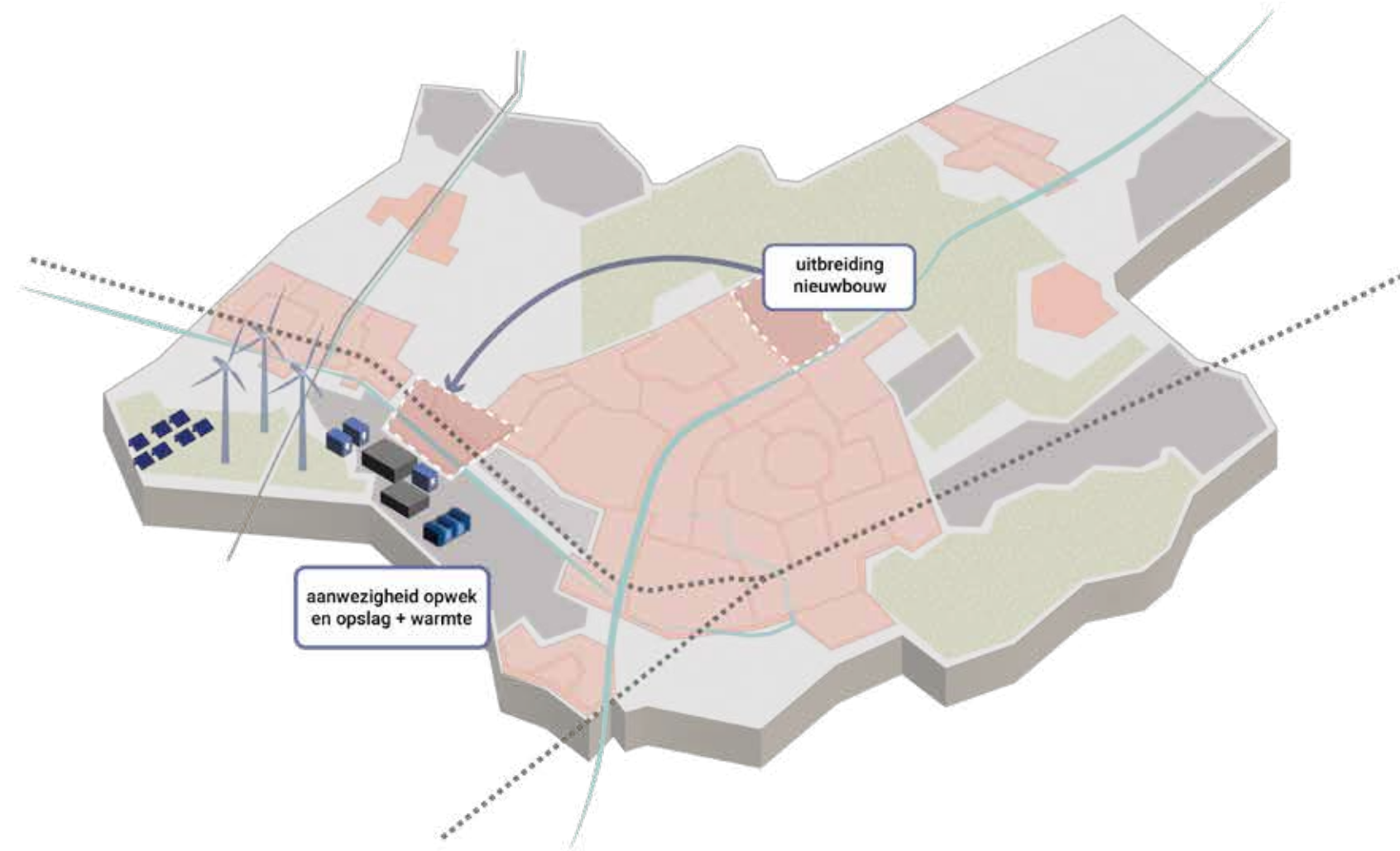
Nieuwbouw - regioschaal

Verduurzamingsmaatregel

- Op schaal van de regio kan ook vanuit de aanwezigheid van bronnen gekeken worden naar de juiste positie van nieuwe woonwijken. Door de wijken te bouwen in de buurt van bedrijventerreinen met restwarmte

Mitigerende maatregelen

- Wijken alleen ontwikkelen daar waar lokale bronnen aanwezig zijn. Mitigerende maatregelen zijn dan niet nodig vanuit het perspectief van energie maar kunnen wel voortkomen vanuit andere invalshoeken. Zoals aanwezigheid van openbaar vervoer, goede routes van en naar de omgeving en de aanwezigheid van voorzieningen.



Relatie of effecten op het centrale systeem

Het op grote schaal samenbrengen van vraag en aanbod zorgt voor een aanzienlijke ontlasting van het centrale elektriciteitsnet.

Dit vraagt om een andere benadering bij het ontwikkelen van nieuwe woongebieden. Naast ruimtelijke uitgangspunten moet ook de beschikbare energie-infrastructuur worden meegewogen. Het is van belang om te bouwen op plekken waar ruimte is op het elektriciteitsnet of waar goede verbindingen kunnen worden gemaakt met andere delen van de stad, bijvoorbeeld met locaties voor opwek en opslag.

Nieuwbouw - regioschaal



4. Reflecties en aanbevelingen

Reflectie ontwerpend onderzoek

Om te komen tot decentraal ontwikkelingen van het energiesysteem moeten overheden en netbeheerders samen met bedrijven en ontwikkelende partijen aan energieplanologie gaan doen. Energieplanologie is echter een begrip dat iedereen gebruikt, maar waarvan de betekenis vaak onduidelijk blijft. De Kamerbrief van juni 2025 over Decentrale ontwikkeling van het energiesysteem (18-6-2025) benadrukt dat het energiesysteem van de toekomst steeds lokaler, flexibeler en collectiever wordt. Energie moet dicht bij de gebruiker wordt opgewekt, opgeslagen en gedeeld, via bijvoorbeeld energiehubs, warmtenetten en energiegemeenschappen. Samen met VRO, KGG, provincies, gemeenten en netbeheerders is in twee regio's geoefend met decentrale ontwikkelingen van het energiesysteem. Dit heeft meer inzicht gegeven in hoe we energieplanologie kunnen bedrijven, bij het opstellen van omgevingsbeleid, zoals omgevingsvisies en uitwerken van ruimtelijke plannen.

Waardevol denkkader

De energieconfiguraties helpen om tijdens het maken van ruimtelijke plannen ook de energetische consequenties en keuzes inzichtelijk te maken. De partijen die deelnamen aan het onderzoek delen dit en zien de voordelen van het werken met de configuraties. De configuraties vormen op zichzelf geen kant-en-klare oplossing, maar bieden een manier om globaal een of meerdere energiesystemen uit te denken. **Ze helpen om om anders naar de vraagstukken te kijken en zo richting te geven aan toekomstig ruimtelijk beleid.**

Door vroegtijdig in gesprek te gaan over de configuraties word je in een omgevingsproces langs belangrijke vragen geloodst, zoals 'Hoeveel energie (elektriciteit en warmte) is nodig voor de ontwikkeling?', 'Welke bronnen zijn beschikbaar? Welke maatregelen kan ik treffen om de vraag te reduceren'. Vervolgens levert dit verschillende

energiesystemen op en bekijk je 'Welke ruimtelijke consequenties horen daarbij?', 'Wie of welk instrument hebben we nodig om daarop te sturen' en hoe verdelen we het 'Wie krijgt hoeveel?'.

Voor partijen en organisaties die al intensief met energie en ruimte werken, bieden de configuraties mogelijk minder nieuwe inzichten. Wel maken ze duidelijk dat het noodzakelijk is om vroegtijdig, systemisch het gesprek over ruimtelijke inpassing te voeren. Voor partijen die hier nog nauwelijks mee bezig zijn, leveren de configuraties juist veel waardevolle informatie en een bruikbaar kader om de discussie te starten.

Reflectie ontwerpend onderzoek

Geen universeel beste oplossing

Het ontwerpend onderzoek laat zien dat er geen universeel beste energiesysteem bestaat. De geschiktheid van een configuratie hangt af van lokale context, beschikbare ruimte en bronnen, ontwikkelfase en bestuurlijke mogelijkheden. Elk systeem heeft sterke kanten die in specifieke situaties optimaal zijn en beperkingen die in andere situaties knellen.

De werkelijkheid is complexer dan de configuraties suggereren. In werkelijk is er interactie tussen verschillende sectoren / configuraties. Daarnaast is het ook belangrijk de configuraties naast elkaar in perspectief te plaatsen. Dan wordt bijvoorbeeld duidelijk dat de impact van de glastuinbouw vele malen groter is dan van woningbouw. Deze opgaven spelen op een andere schaal.

De introductie van schaalniveaus bleek cruciaal. Tijdens het ontwerpend onderzoek hebben we ontdekt dat het uitsplitsen van de configuraties op verschillende schaalniveaus van ruimtelijke ontwikkelingen (blok, gebied, stad, regio) het beste

overzicht geeft en helpt om de complexiteit van onderlinge relaties tussen deze schalen te ontrafelen. Per schaalniveau verschilt de impact, sturing en het aantal stakeholders.

Regio's, gebieden of terreinen kunnen zo nadenken over de gewenste schaal om energie en ruimte, in samenhang, voor verschillende sectoren te behandelen.

De ruimtelijke impact van energiekeuzes

Het denken vanuit configuraties laat ook zien dat het een wisselwerking is tussen wat je doet binnen een gebied of daarbuiten. Besparingen, opwek, opslag en maatregelen in een gebied kosten ruimte en geld, vaak in gebieden met bestaande grondexploitaties. Dit leidt op lokale schaal tot minder uitgeefbare terrein, minder woningen of bedrijfsruimte, minder ruimte voor groen of mobiliteit en kan op weinig draagvlak rekenen. Lokale oplossingen drukken hiermee op bestaande grondexploitaties en de verantwoordelijkheid verschuift naar andere partijen. Maar als je het niet doet levert het een ruimtelijke

opgave op een andere schaal buiten het gebied (ruimtelijke afwenteling).

Het ontwerpend onderzoek maakt duidelijk dat decentrale ontwikkelingen in het energiesysteem ruimte en geld kosten in het gebied zelf. Werken met energieconfiguraties is een middel om de ruimtelijke consequenties en kosten explicieter zichtbaar te maken, waar deze op dit moment veelal 'in het centrale systeem' worden opgelost (en dus lokaal niet zichtbaar zijn). Niet alleen de ruimtelijke afwenteling wordt inzichtelijk maar het maakt het ook mogelijk welke uitruil van energie tussen gebieden mogelijk is. Het gaat niet om het volledig oplossen van de afwenteling, maar om het creëren van bewustzijn hierover.

Inzichten en vervolgvragen ontwerpend onderzoek

Het gezamenlijk oefenen met de energieconfiguraties leverde een aantal inzichten op en vervolgvragen.

Inzichten

Gebrek aan duidelijkheid

- Gemeente en provincie hebben beperkt inzicht in gedetailleerde gegevens over het huidige energieverbruik en -systeem. Netbeheerders kunnen of mogen deze gegevens ook niet altijd delen. Zonder verplichting of duidelijke afspraken voor datadeling blijft beleid reactief en traag.
- Daarnaast zorgt onduidelijkheid in wet- en regelgeving (zoals het ACM-prioriteringskader) voor uitstel van besluiten en investeringen.

Robuustheid en rechtvaardigheid in decentrale energie

- Stimulering van innovatieve initiatieven is belangrijk. Dit kan echter leiden tot sociale ongelijkheid als zij zich onttrekken (deels) aan het centrale energiesysteem en groepen met minder middelen achterblijven. Zij dragen dan uiteindelijk de kosten van het resterende centrale systeem.

- Moeten bij decentrale energieontwikkelingen dezelfde eisen gelden als bij centrale oplossingen, zoals de extreem hoge betrouwbaarheid en beschikbaarheid?

Sturen op collectieve oplossingen, ook als dat het tempo vertraagt

- Individuele en kleinschalige oplossingen worden snel gerealiseerd en soms zelfs gestimuleerd met subsidies, maar ze kunnen grootschalige collectieve oplossingen blokkeren. Denk hierbij aan de afweging tussen individuele warmtepompen of een collectief warmtenet.
- Juist collectieve systemen kunnen efficiënter zijn in ruimtegebruik, koppelkansen en energiehuishouding.
- De vraag is of je bereid bent hierop te sturen, ook als dat het tempo vertraagt. Het blijven inzetten op individuele oplossingen zal in de toekomst tot grotere problemen leiden.

Beperkte mogelijkheden voor integrale ruimtelijke koppelingen

- De mate van ruimtelijke koppelkansen hangt sterk af van het type gebied en de ontwikkelfase.
- Het ontwerpend onderzoek laat zien dat deze kansen in bestaande gebieden en op lokale schaal beperkt zijn, omdat decentrale ontwikkelingen van het energiesysteem vaak concurreert met andere ruimteclaims en net als het centrale systeem niet goed te combineren zijn met andere functies.
- Bij nieuwe ontwikkelingen kunnen koppelkansen juist richting geven aan de ruimtelijke inrichting, zoals het positioneren van kassengebieden bij geothermiebronnen, woonwijken bij restwarmtebronnen of laadinfrastructuur bij opweklocaties.

Inzichten en vervolgvragen ontwerpend onderzoek

Vervolgvragen

Kwantatieve gegevens ontbreken nog

- Tijdens het oefenen met de energieconfiguraties was het moeilijk om gegevens over vermogen, aantallen en benodigde ruimte boven tafel te krijgen. In het ontwerpend onderzoek is de ruimtelijke uitwerking benoemd, maar deze zijn niet berekend. Om verder te werken met de energieconfiguraties moet deze kwantatieve kant verder ontwikkeld worden.

De impact van netvlakken

- Grenzen van provincies/gemeenten sluiten niet aan op grenzen van netbeheerders.
- Ontwikkelingen binnen hetzelfde netvlak beïnvloeden elkaar.
- De netwerken en netvlakken hebben een belangrijke relatie met de schaalniveaus en organisatieprincipes. De schaalniveaus zijn nu ruimtelijk bepaald maar moeten nog afgezet worden tegen de netvlakken. Ingrepen binnen hetzelfde netvlak of binnen dezelfde middenspanningsring vaak leiden tot meer efficiëntie, en minder ruimtegebruik voor transport.
- Het netvlak lijkt daarmee een logische begrenzing van een ruimtelijk 'gebied' of studiegebied voor de energieconfiguraties. Dit vraagt verder onderzoek.

Aanbevelingen ontwerpend onderzoek

1. Regionaal

De energiehuishouding van een gebied is een ruimtelijk vraagstuk. Dat vraagt ook om ruimtelijke sturing. Om dit te ondersteunen is een stappenplan nodig om de abstracte energieconfiguraties te ontwikkelen tot een gebiedsspecifiek 'energiebeheerplan', vergelijkbaar met een waterbeheerplan of mobiliteitsplan. Vervolgens is het zaak dat impact van de ruimtelijke ontwikkelingen binnen dat beheerplan worden beoordeeld, middels energetische richtlijnen voor het plan of een 'energietoets'.

Stappen naar een energiebeheerplan kunnen zijn:

1. Definieer het 'gebied' voor het energiebeheerplan, bv op basis van een netvlak.
2. Breng energieconfiguraties in het gebied, sectoraal, in kaart: welke zijn aanwezig, welke zijn bepalend, welke transformeren of ontwikkelen?
3. Onderzoek uitwisseling tussen de energieconfiguraties.
4. Bepaal haalbaarheid en wenselijkheid van een lokale energiebalans.

5. Verken uitwisselingen: levering of afname van burelen of vanuit een hoger schaalniveau.

Stappen naar een energietoets kunnen zijn:

6. Principes formuleren netbewuste ontwikkeling binnen 'energie-beheergebieden', bv mogelijkheden voor vraagminimalisatie en aanbodmaximalisatie, criteria voor passende bronnen nabij de vraag, principes voor cascadering etc. We zien dat bij woningbouw al gekeken wordt en principes geformuleerd worden voor netbewust bouwen.
7. Beoordeel de financiële en ruimtelijke consequenties voor het plan of de uitwisseling met c.q. afwenteling op andere gebieden.

We moeten blijven oefenen en kennisdelen

Het oefenen met configuraties heeft nuttige inzichten opgeleverd en laat zien dat er talloze varianten te bedenken zijn, zeker wanneer je naar verschillende schaalniveaus kijkt. Dat maakt het vraagstuk complex. We kunnen niet langer uitgaan van een gascentrale die alles afdekt. Oefenen en verdere dialoog tussen beide domeinen (energie en ruimte)

blijft nodig.

Bij het oefenen is een belangrijk rol weggelegd voor het ontwerpend onderzoek om de verschillende voorwaarden en consequenties inzichtelijk te maken. Dat kan bijvoorbeeld gebeuren met concrete werkplaatsen in een concrete gebieden en in gesprekken met deskundigen op het gebied van andere domeinen en ruimtelijke toetsen.

Daarin kan ook een benadering zoals we kennen uit het verkeersdomein, de CROW met richtlijnen en eisen, worden onderzocht. Verder kan gedacht worden aan een handreiking of aansluiting bij de leerlijn energieplanologie van VNG, IPO en de netbeheerders.

Aanbevelingen ontwerpend onderzoek

2. Nationaal

Gemeenten en provincies missen een helder kader om afwegingen, wel of niet afwentelen (in ruimte en kosten) te kunnen maken. Decentrale ontwikkelingen zijn afhankelijk van de inzet en bereidwilligheid van betrokken partijen. Regionale kenmerken en lokale keuzes in het energiesysteem leiden tot specifieke uitwerkingen. Hierdoor ontstaan verschillen tussen gebieden, met onderlinge uitwisseling en afwenteling van kosten en ruimte. Nationaal beleid is dus nodig om de ruimte te bepalen voor de regionale vrijheid die passend is bij deze bottom-up (gebieds)processen binnen de gewenste marges van ruimtelijke en financiële uitwisseling.

Er is volgens de deelnemers aan het onderzoek vanuit gemeente en provincie behoefte aan energiebudgetten per gebied, vergelijkbaar met geluid- of waterbudgetten, zodat regio's binnen hun netcapaciteit keuzes kunnen maken.

Dit vraagt om een nationaal afwegingskader voor decentrale ontwikkelingen, met een verdeelsleutel voor differentiatie tussen gebieden of een

energiebudget binnen de regionale netcapaciteit. Dit is nodig om verschillende regionale ontwikkelingen op te laten tellen tot een gewenst nationaal beeld dat financieel en ruimtelijk rechtvaardig is en tegelijk de doelen van de energietransitie haalbaar maakt. Tekorten in lokale energieproductie kunnen leiden tot een nieuwe opgave voor opwek op land.

Tot slot is er behoefte aan rekenmodellen en vuistregels die de relatie tussen energie en ruimte sneller dan nu inzichtelijk maken. Dit dient uitgewerkt te worden in dialoog tussen deskundigen op beide domeinen, waarbij niet alleen getekend maar ook gerekend wordt.

1. Configuraties

Bedrijventerrein als energiecentrale

Object + omgeving

Decentrale woongebieden – passief bouwen

Decentrale woongebieden – all-electric

Decentrale woongebieden – warmte

Mobiliteit & energiehubs

Warmtenet + glastuinbouw + warmtenet

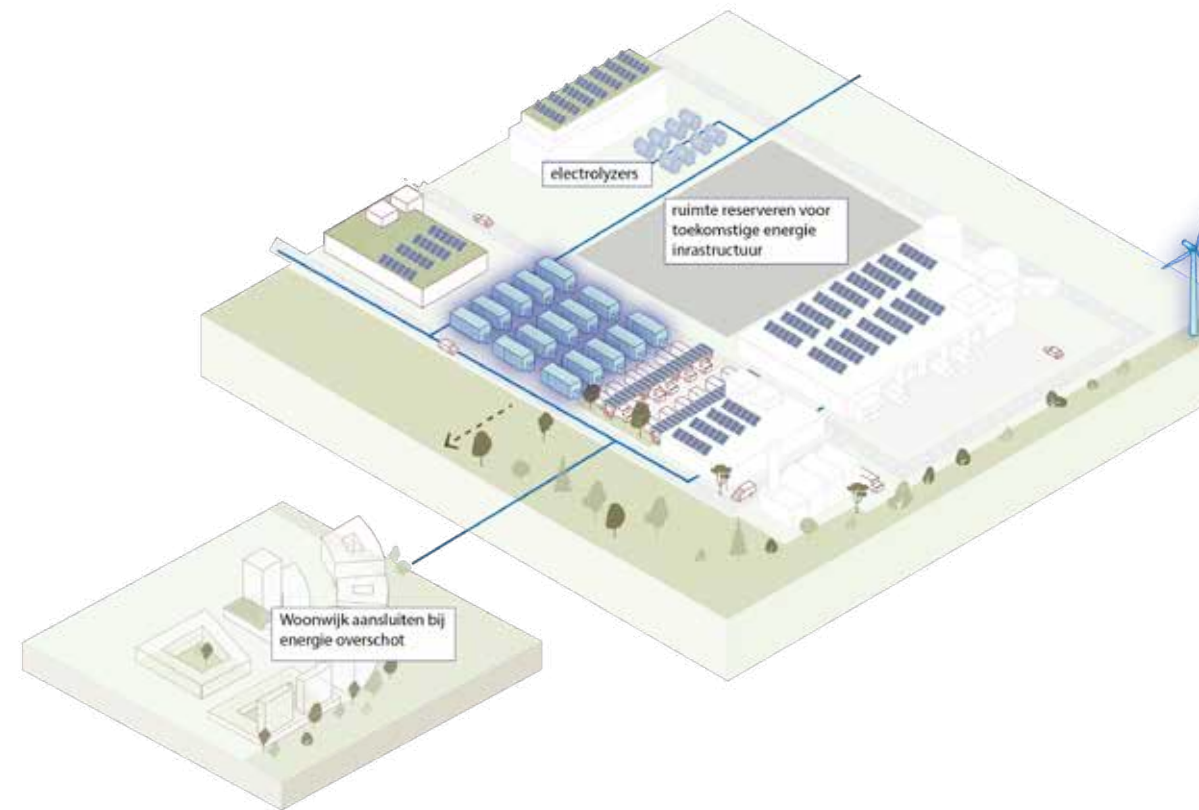
Hybride energieopslagsystemen

Agro-energiecluster – energie-erf

Agro-energiecluster – reststromen

(Diepe) aanlanding

Energie en economie: onderstation als schakel



Omschrijving

Zonnepanelen of windturbines op een bedrijventerrein met grote energievraag leveren overtollige energie en warmte aan omliggende buurten via lokale energienetwerken of energiegemeenschappen.

Koppelkansen

- Woonwijk aansluiten bij energieoverschot



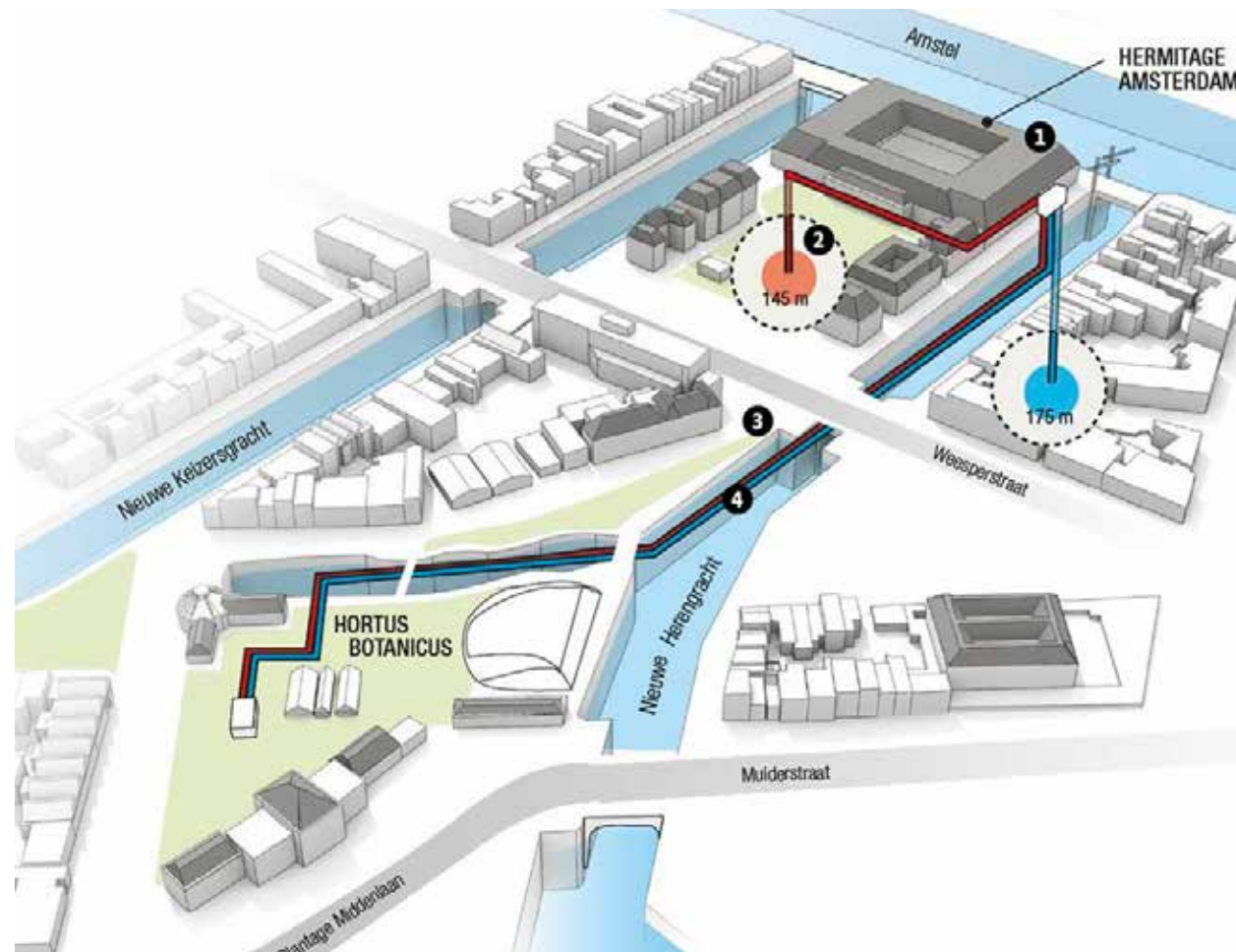
Referentie: Breekland gemeente Dijk en Waard

Reservering van centrale ruimte op het bedrijventerrein bij uitgifte voor collectieve functies zoals energie hub



Referentie: Kempisch Bedrijvenpark

Het Kempisch Bedrijvenpark heeft grote dakoppervlakten beschikbaar voor zonnepanelen, en er zijn plannen voor een warmtekrachtcentrale (als back-up) en een windturbine in de nabijheid van het bedrijvenpark. Bij de uitbreiding van het bedrijventerrein wordt ruimte vrijgehouden voor toekomstige energie-infrastructuur.



Omschrijving

De configuratie Object + Omgeving draait om een decentraal energiesysteem rondom een groot energieproducerend of -verbruikend gebouw, zoals een stadion, concertgebouw, kascomplex of botanische tuin. Dit object fungeert als centrale spil voor energieproductie, -opslag en -uitwisseling met de omliggende wijk of functies. Door dit te koppelen aan objecten met een andersoortig energieprofiel ontstaat een slim lokaal energiesysteem dat vraag en aanbod optimaliseert.



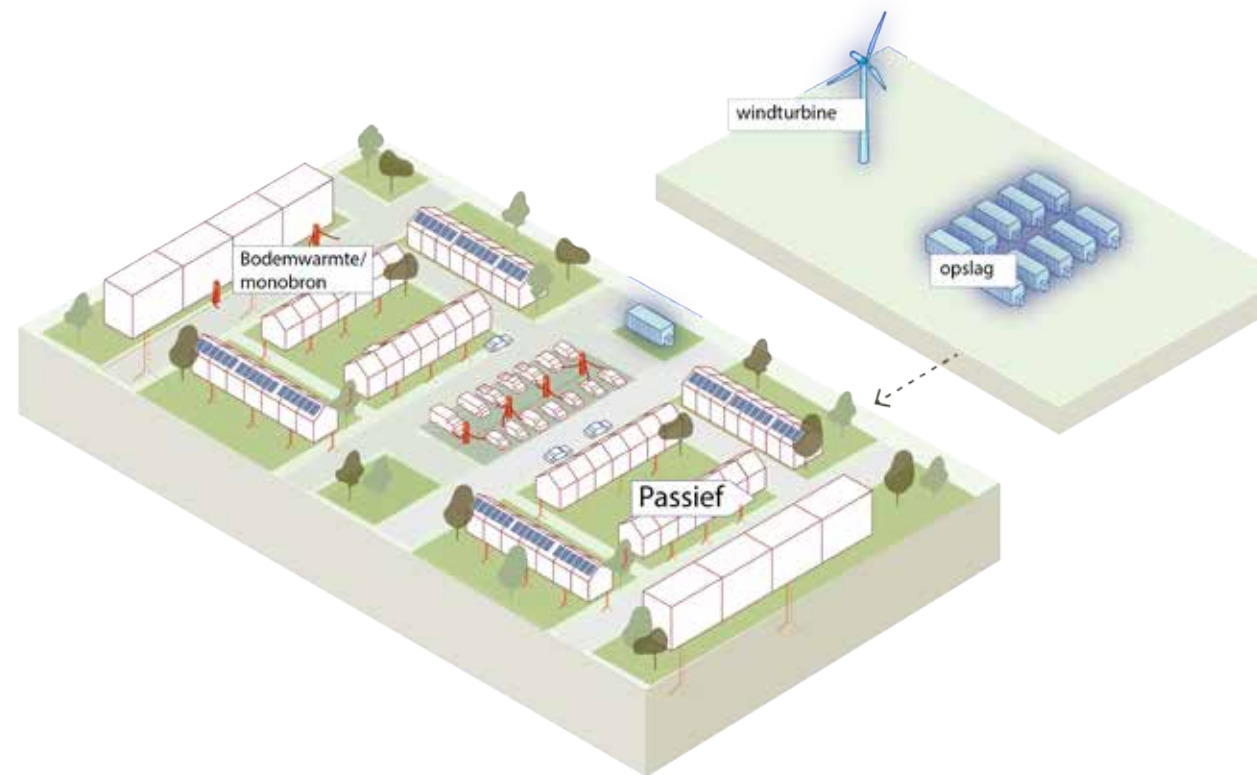
Referentie: Amsterdam

De Hortus en de Hermitage Amsterdam delen duurzaam energie. Ze zijn via een ondergrondse buis met elkaar verbonden, waardoor warmte en koude uitgewisseld worden. De Hermitage produceert restwarmte die de Hortus gebruikt voor de verwarming van de kassen en andere gebouwen. Tegelijkertijd kan de Hortus koude leveren aan de Hermitage, die een constante temperatuur en luchtvochtigheid nodig heeft voor de kunstcollectie.



Referentie: Amsterdam Arena

Het opslagsysteem bestaat uit hergebruikte batterijen uit de auto-industrie. Dit systeem slaat zonne- en windenergie op en levert als er onvoldoende energie beschikbaar is aan de Arena en naastegelegen burens.



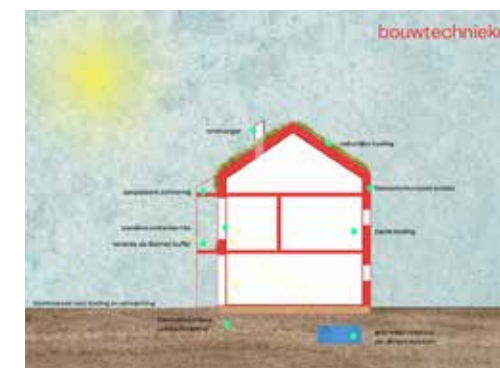
Omschrijving

Een wijk met woningen volgens passiefstandaard (max. 15 kWh/m²/jaar) vraagt veel minder energie voor verwarming en koeling, met name op de piekmomenten. Hierdoor zijn is ook aanzienlijk minder energieproductie en -opslag nodig.



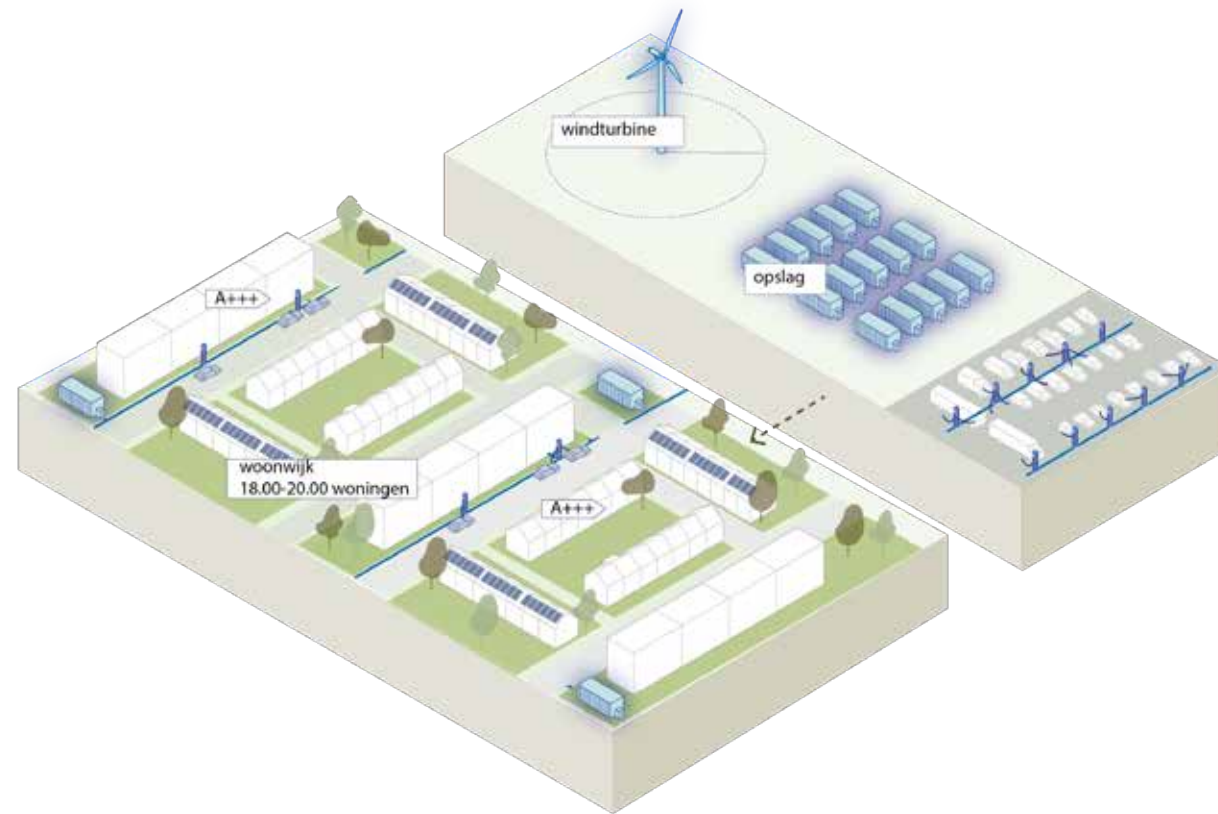
Referentie

Stedenbouwkundige principes voor een passiefwijk zorgen voor een optimale omgang met zoninstraling in zomer en winter.



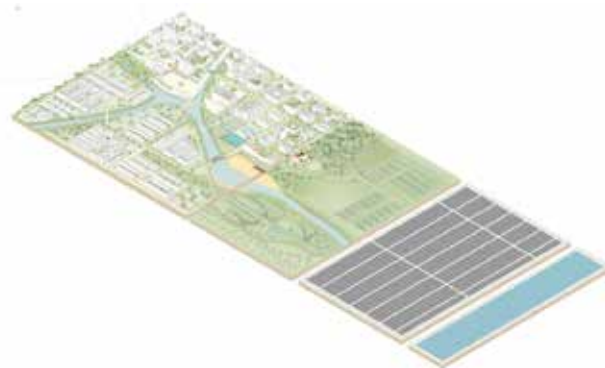
Referentie

Elke woning heeft passieve (zoals isolatie, zonwering, groen) en actieve (installaties voor warmteterugwinning, etc.) nodig die verder gaan dan het huidige bouwbesluit.



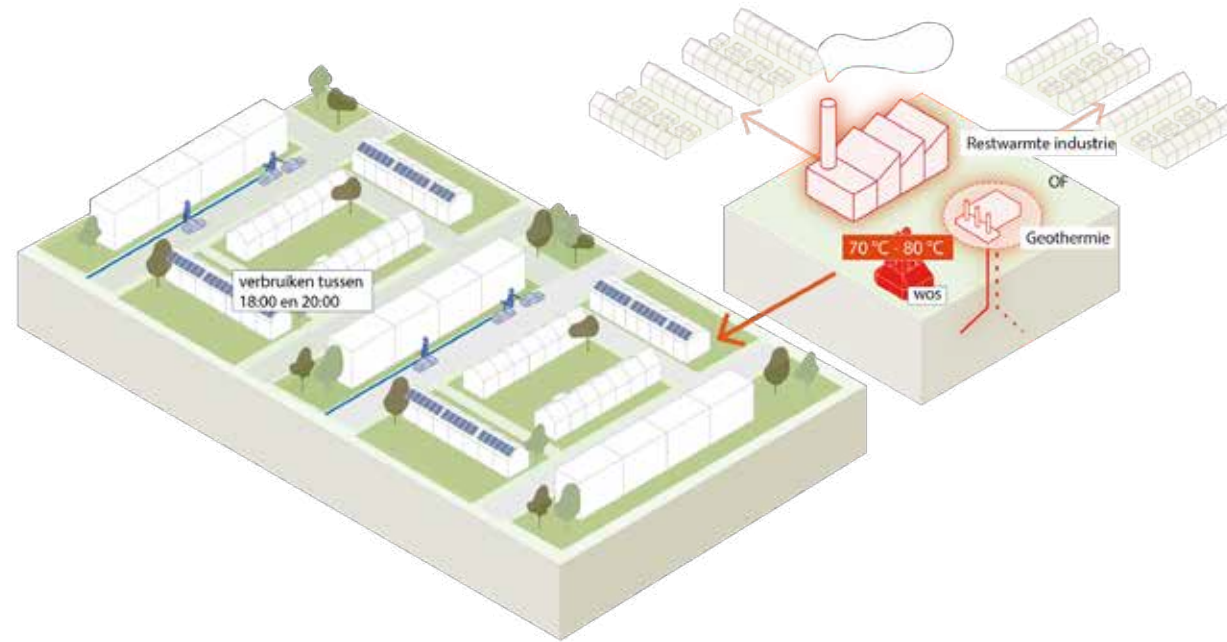
Omschrijving

Een wijk met 2500 woningen kan geheel zonder netaansluiting functioneren. Dit vraagt een windturbine (2 MW), zonnepanelen op alle daken en heel veel batterijen: 1300 zeecontainers.



Referentie: Balanswijk 1.0

Een woonwijkstudie die voorziet in de eigen energiebehoefte en zonder aansluiting op het centrale systeem functioneert.



Omschrijving

In dit decentrale woongebied wordt de warmtevoorziening lokaal opgewekt en verdeeld. De woningen zijn aangesloten op een collectief warmtenet dat gebruikmaakt van duurzame bronnen zoals geothermie (aardwarmte) of restwarmte uit nabijgelegen industrie of datacenters. De geothermiebron is ook aangesloten op andere wijken.



Referentie: Den Haag

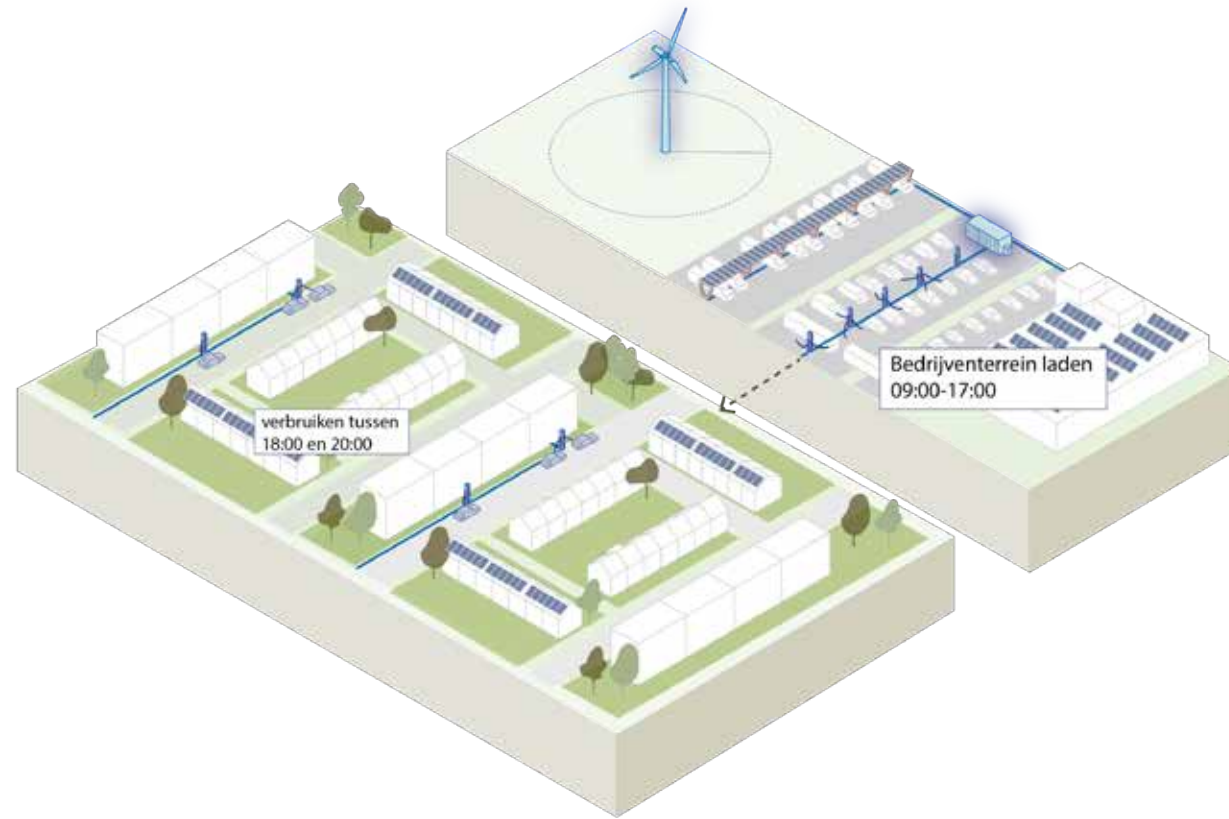
Haagse Aardwarmte
Leyweg in Den Haag.
Via een warmtenet
ontvangen circa 1.000
woningen warmte via een
geothermiebron.



Referentie:

Balanswijk Warmte

De Balanswijk Warmte gaat
uit van een collectieve bron,
warmtenet en opslag voor
piekvermogen.



Omschrijving

Een laadplein met eigen energieproductie, -opslag en -teruglevering via Vehicle-to-Grid (V2G). De impact is afhankelijk van de aansluitingskwaliteit.

Koppelkansen

- Mobiliteitsopgave



Referentie: Rotterdamse Haven

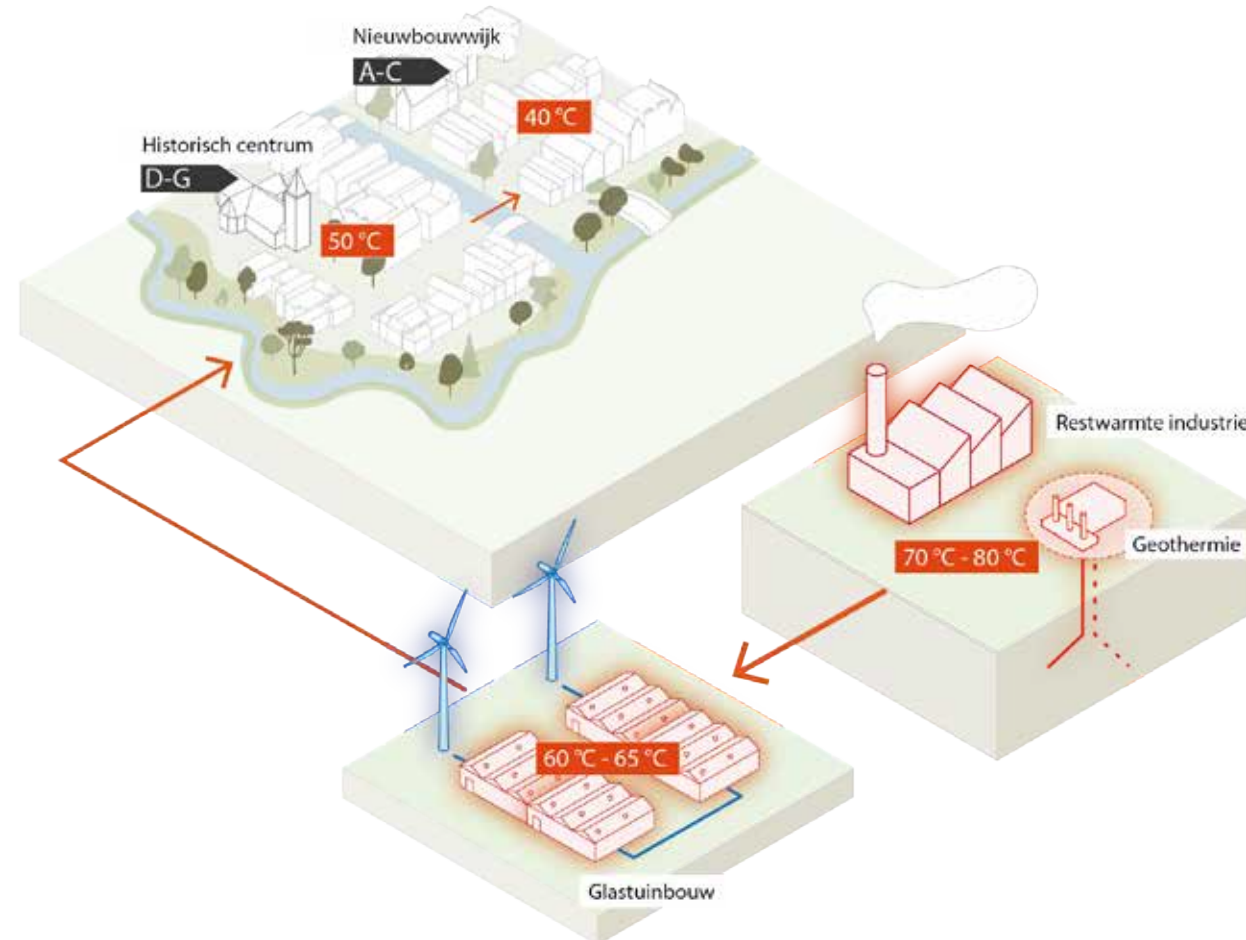
Laadplein voor elektrische trucks in de haven, naast een 25 kV-onderstation van Stedin.



Referentie: Vehicle-to-Grid

Een mobiliteitshub waarin elektrische deelauto's niet alleen opladen, maar ook energie kunnen terugleveren aan het elektriciteitsnet.

- Opladen bij overschot: auto's laden op bij lage stroomprijzen, meestal bij veel zonne- of windenergie.
- Teruglevering bij piekvraag: auto's leveren stroom terug bij hoge prijzen, vraag > aanbod.
- Slim gestuurd: automatisch laad- en terugleverschema, gekoppeld aan marktsignalen en netbalans.



Omschrijving

Verkenning van optimalisatie van het gebruik van aardwarmte door warmtevragers zoals kassen en woningen met een hogetemperatuurvraag te koppelen. Onderzoeken van de cascade naar lagere temperatuurvragers en aanvullende elektriciteitsproductie als vervanging van aardgas i.c.m. warmtekrachtkoppeling (WKK).



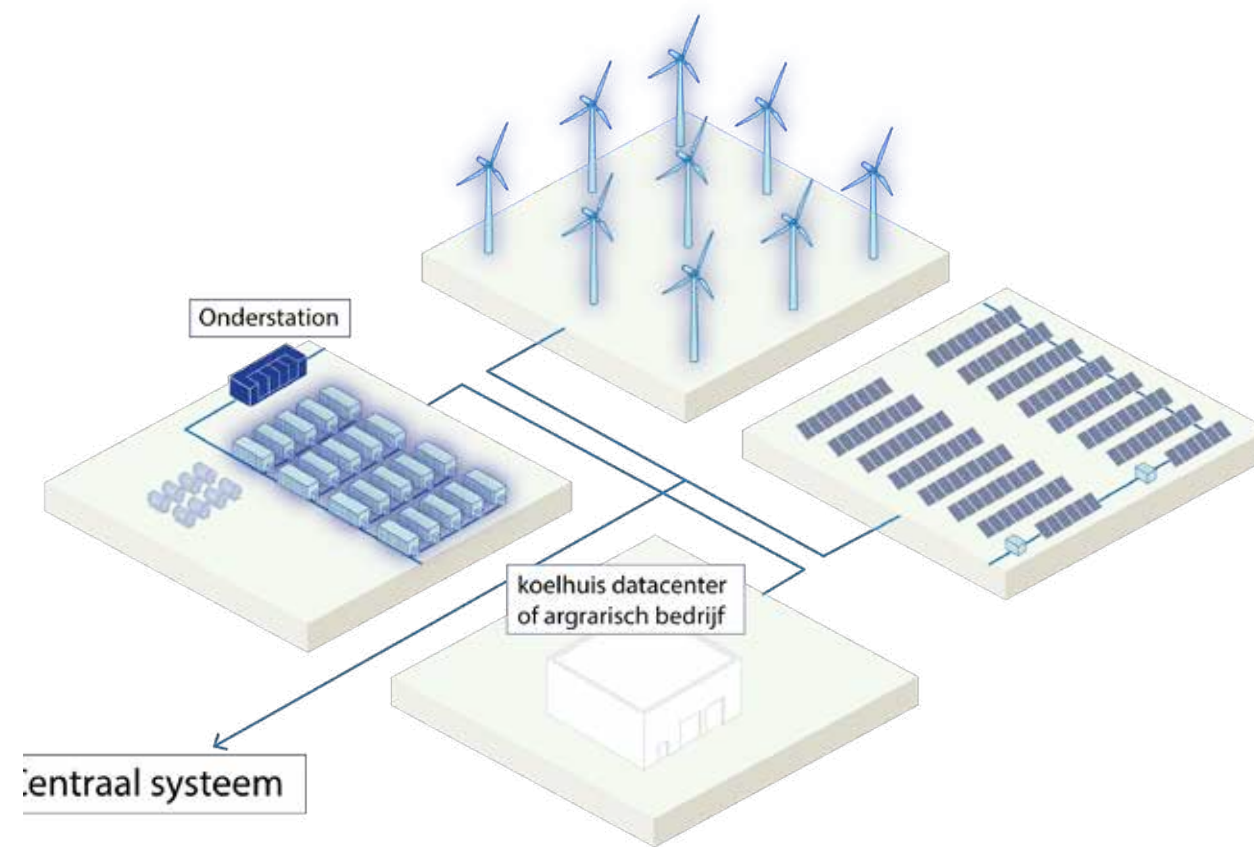
Referentie: Alton Heerhugowaard

Glastuinbouwbedrijven in de regio, bijv. kassen van groente- en sierteeltkwekers, produceren warmte om hun kassen op temperatuur te houden. Deze warmte komt deels van WKK-installaties of wordt geleverd via geothermie. De restwarmte wordt via een warmtenet geleverd aan nieuwe woonwijken in het Alton-gebied. De woningen zijn uitgerust met laagtemperatuurverwarming en zijn goed geïsoleerd, waardoor deze vorm van warmtevoorziening efficiënt benut wordt.



Referentie: Westland

Kassen gebruiken aardwarmte (geothermie) om hun kassen te verwarmen. Als er méér warmte wordt opgewekt dan nodig is, gaat deze restwarmte via een warmtenet naar woonwijken (Het Nieuwe Tuinbouwcluster). Slimme buffers en regeltechniek zorgen ervoor dat warmte geleverd kan worden op het juiste moment.

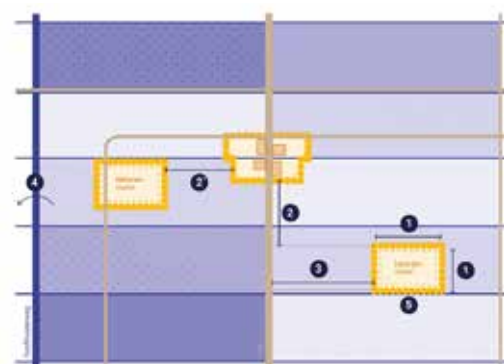


Omschrijving

Gesloten distributiesystemen (GDS) van wind en zon. Door 'vacatures' voor flexibele energievragers aan te bieden kan er op vraag en aanbod worden ingespeeld voordat de energie het landelijke net op komt.

Koppelkansen

- Landschappelijke en ecologische ontwikkelingen



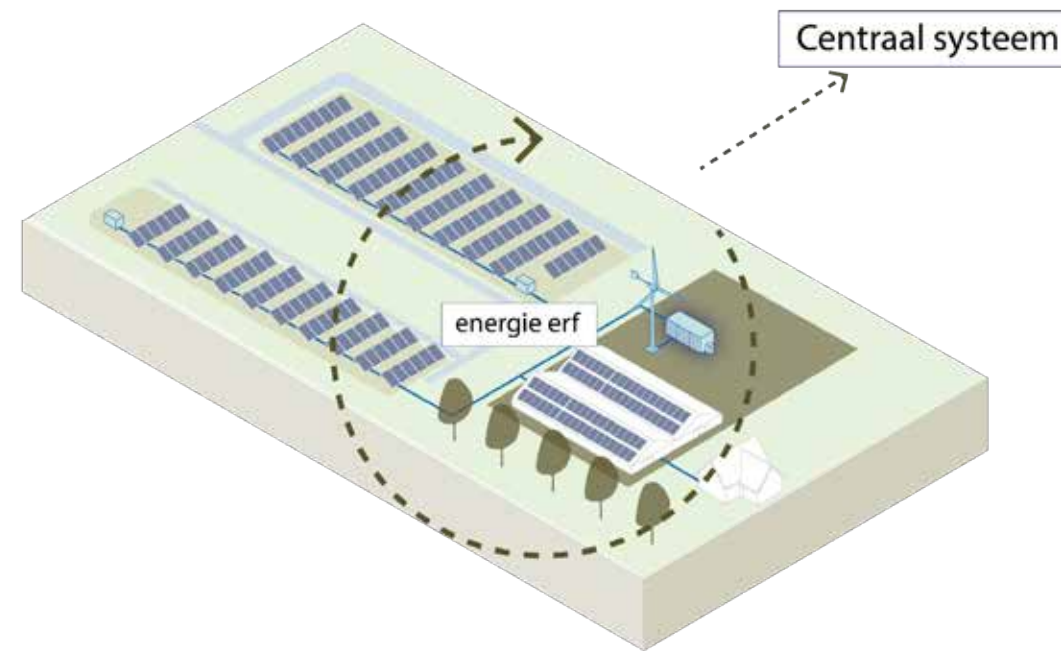
Referentie: Flevoland

Landschappelijke inpassing batterijen in Flevoland: kwaliteitsimpuls voor het landschap door ruimtelijke principes voor de nieuwe energiebouwstenen.



Referentie: Lelystad

De Giga Rhino batterij dempt pieken van productie in een gesloten distributiesysteem dat ook meerdere zon- en windparken verbindt met het nationale elektriciteitsnet.



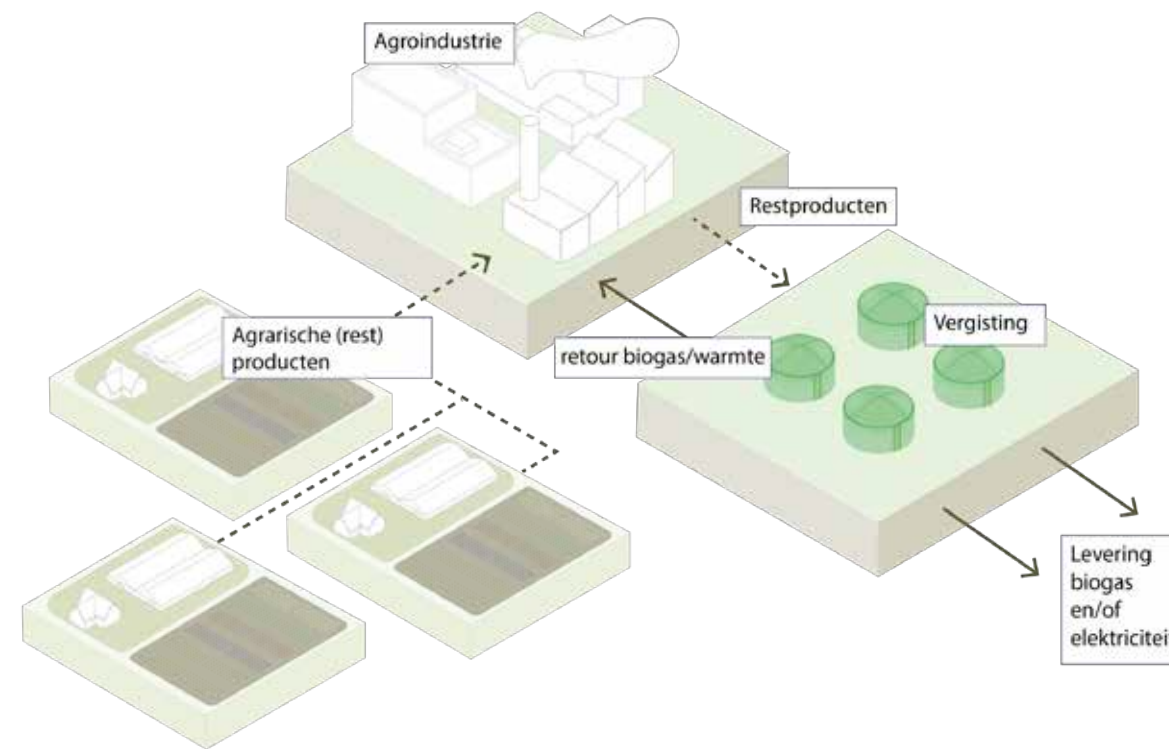
Omschrijving

Boerderijen delen en leveren energie (bijvoorbeeld biogas, zonnepanelen en windturbines, WKK's) aan de lokale energie infrastructuur.



Referentie: EAZ Wind

...



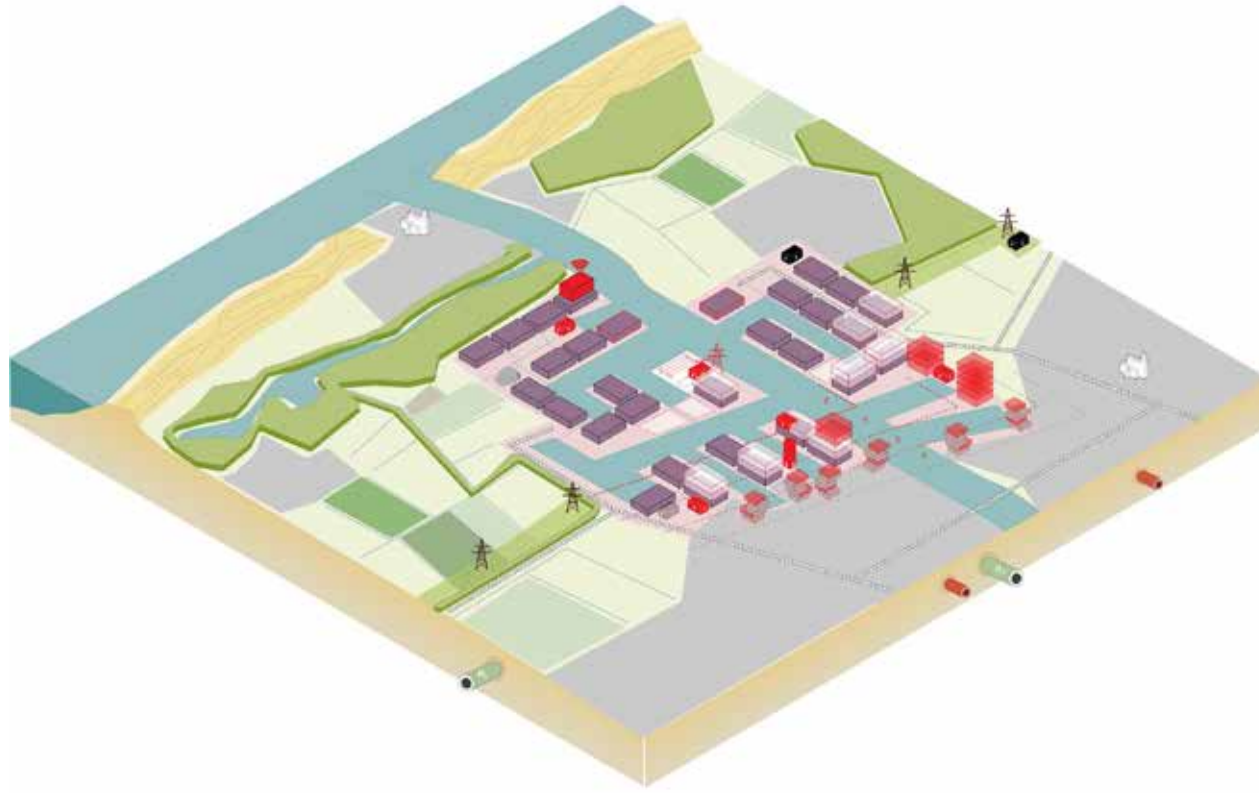
Omschrijving

(Restproducten van) Landbouwareaal rondom vergister / biomassa nabij industriële energievraag.



Referentie: Cosun

Restproducten van suikerbieten worden bij Cosun omgezet in warmte voor het productieproces

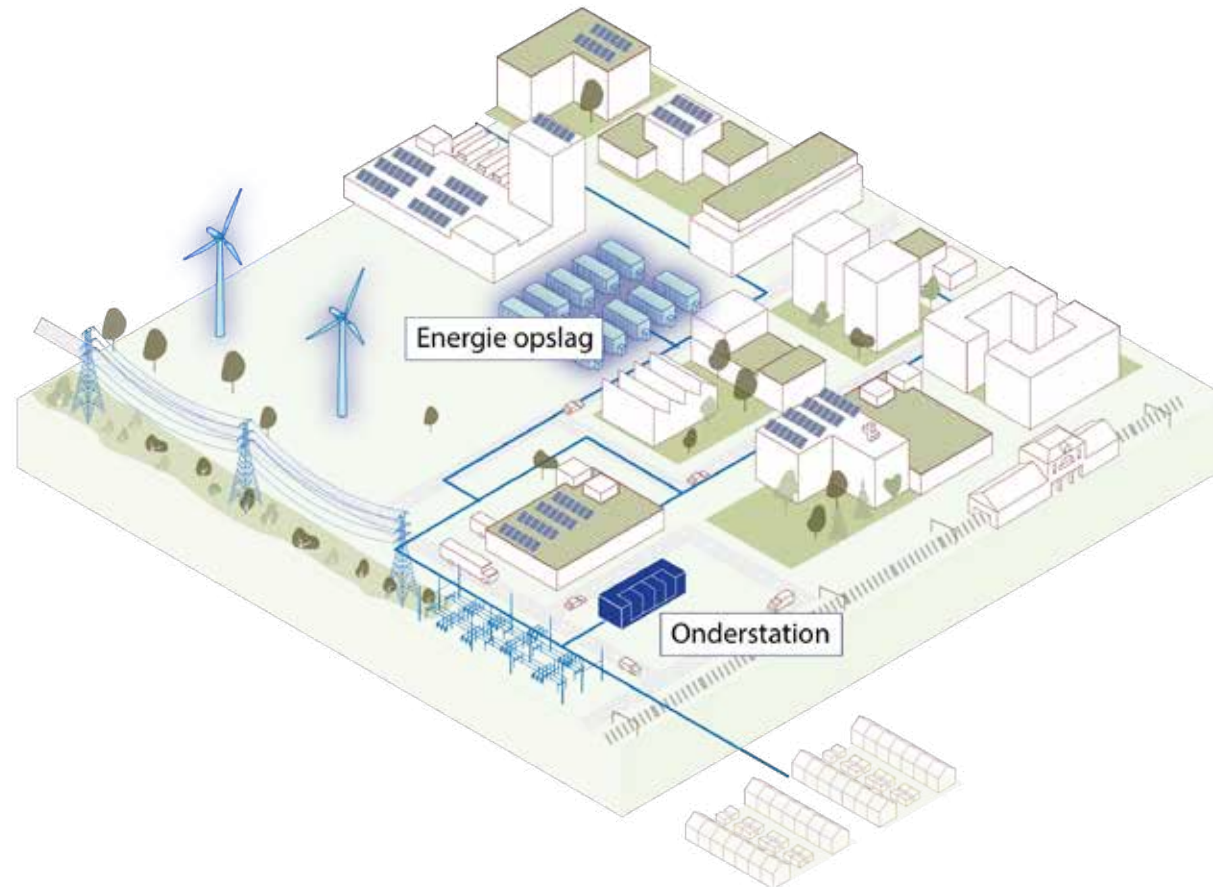


Omschrijving

Mogelijk aantrekkende werking door energiebeschikbaarheid rondom aanlanding wind op zee.



Referentie: Noordzeekanaal



Omschrijving

Het onderstation werkt als schakel en heeft een aantrekkende kracht op bedrijvigheid. Inclusief energieopslagsystemen.

NB. Deze configuratie valt mogelijk samen met een andere configuratie. Wellicht is dit een bouwsteen in een decentraal energiesysteem.

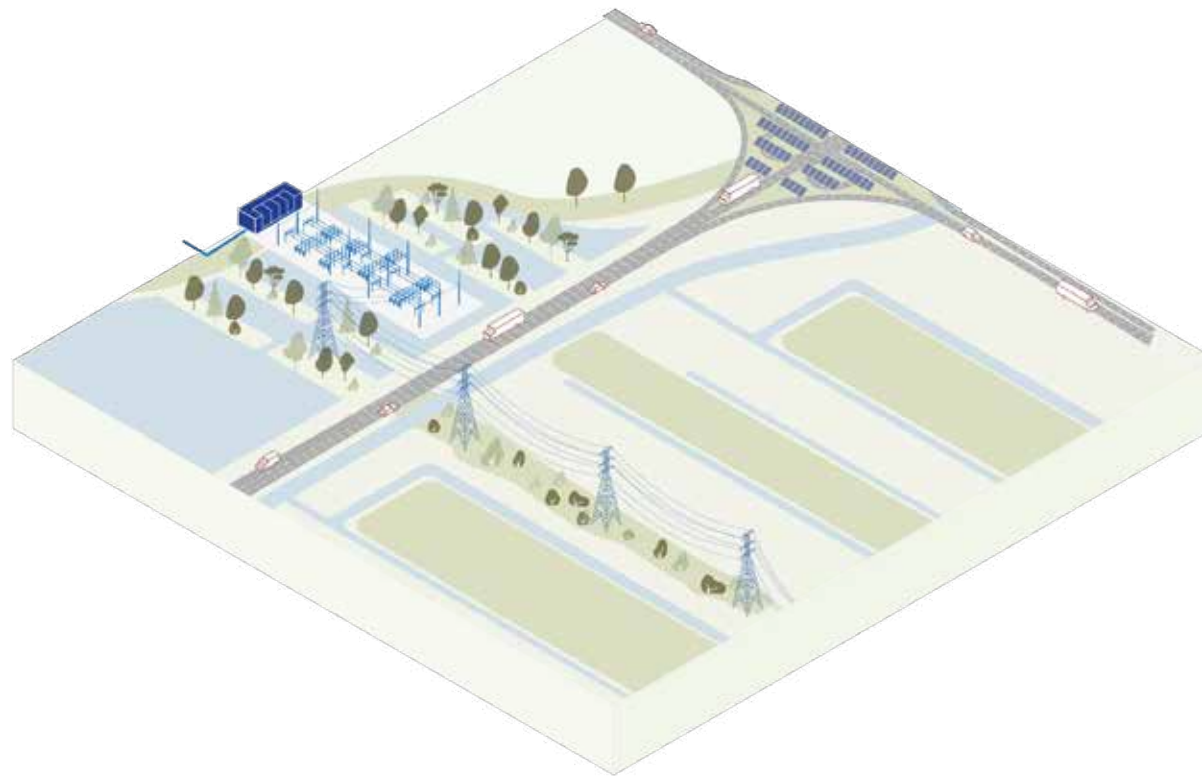
Koppelkansen

- Aantrekken bedrijvigheid



Referentie: Middenmeer

In Middenmeer staan een onderstation gekoppeld aan datacenter voor Microsoft.



Omschrijving

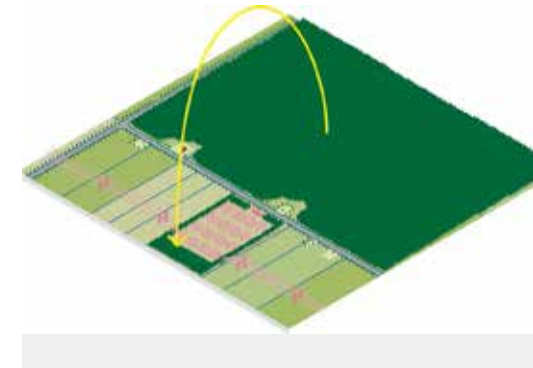
Het inpassen van het onderstation biedt ook ruimte voor ecologie. Denk hierbij aan een ecologische stapsteen of het toepassen van waterbergingsmaatregelen.

Koppelkansen

- Waterberging
- Ecologische stilte- of rustgebieden
- Recreatie



Referentie: onderstation Nijmegen
Inpassing onderstation i.c.m. waterberging



Referentie: OHM
Onderzoek OHM kijkt hoe landschap volwaardig kan worden meegenomen bij de bouw van transformator- en verdeelstations.

Bright

Bright
Asterweg 20 G3
1031 HN Amsterdam
+316 2950 2585
info@bright.coop

urban -synergy

Urban Synergy
Noordsingel 70B
3032 BG Rotterdam
+316 1747 6159
info@urbansynergy.nl

GE GENERATION .ENERGY

Generation.Energy
Binckhorstlaan 36
2516 BE Den Haag
+317 0219 7240
info@generation.energy