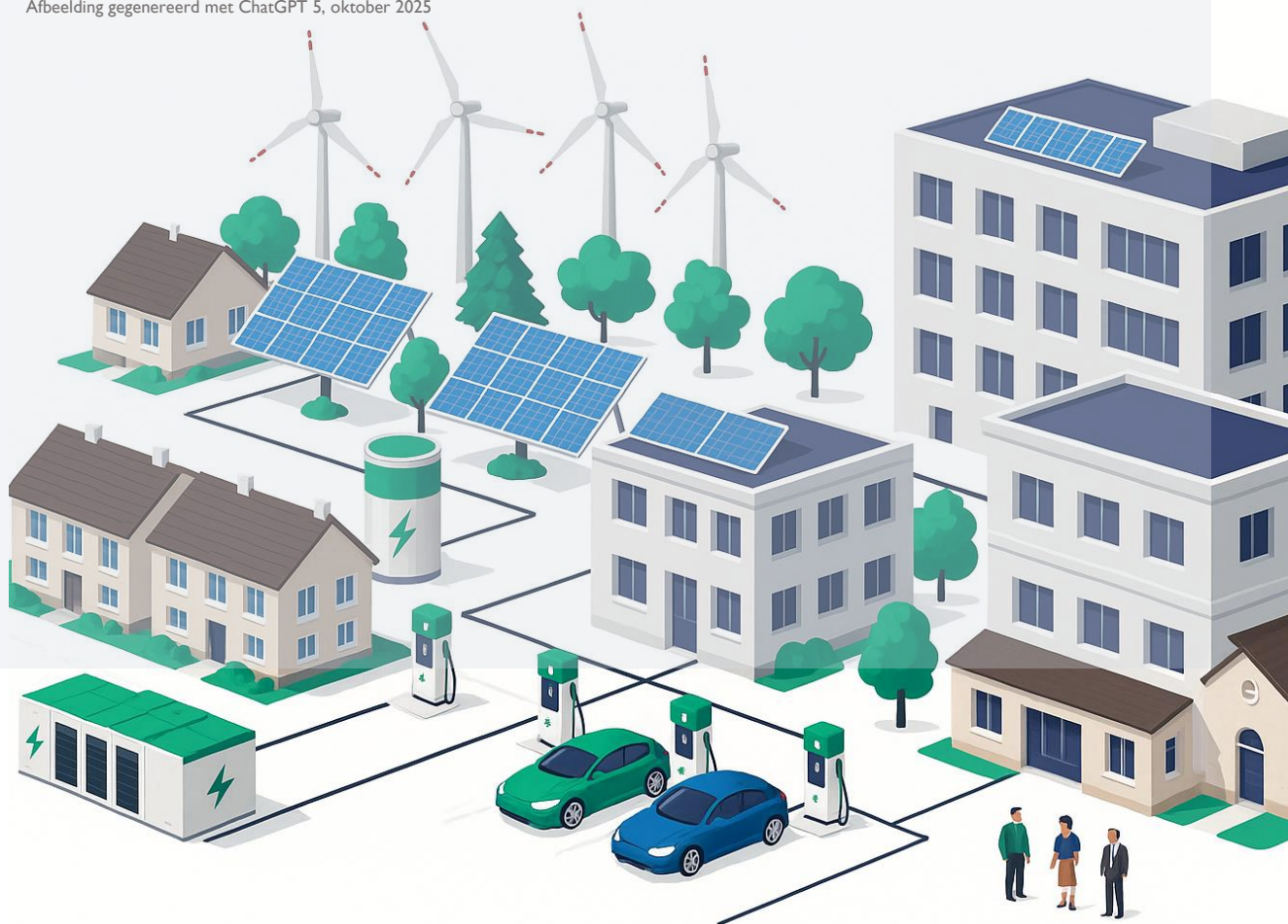


SCRIPTIE MCD OPLEIDING – LEONTIEN DE WAAL (5177351)

NAAR EEN CONGESTIELOZE WOONWIJK?

ANALYSE VAN DE UITDAGINGEN BIJ ENERGIEHUBS
IN DE ENERGIENEUTRALE NIEUWBOUWWIJK VAN MORGEN

Afbeelding gegenereerd met ChatGPT 5, oktober 2025



Auteur: Leontien de Waal

Onderwijsinstelling: Erasmus Universiteit Rotterdam &

Technische Universiteit Delft

Opleiding: Master City Developer

Studentnummer: 5177351

Begeleider: Jeroen van Haaren (Erasmus UPT)

november 2025

DE IN DEZE THESIS GEUIE OPVATTINGEN ZIJN DIE VAN DE AUTEUR EN NIET
NOODZAKELIJKERWIJS DIE VAN DE BEGELEIDER, TWEEDE BEOORDELAAR, MASTER CITY
DEVELOPER, ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM OF DE TU DELFT.

VOORWOORD

Voor u ligt een scriptie die het sluitstuk is van mijn studie aan de MCD die gaat over energiehubs. Het schrijven was voor mij een zoektocht langs theorieën, modellen en bijzonder waardevol, de praktijkverhalen van betrokkenen. Tijdens de interviews merkte ik hoe groot de gemeenschappelijke urgentie is om tot oplossingen te komen voor netcongestie die de bouw van nieuwe woningen hindert en hoe moeilijk het tegelijkertijd is om structureel oog te houden voor de positie van een ander vanuit een specifieke actor. De puzzel is complex, maar kan alleen samen, integraal en vanuit gebiedsontwikkeling perspectief worden gemaakt. Tot enkele jaren geleden werd de aansluiting op het elektriciteitsnet pas na het definitief ontwerp en in de realisatiefase bij de netbeheerder aangevraagd. Tegenwoordig hebben we het over energieplanologie en vroegtijdige afstemming waarbij elektriciteit is geëvolueerd van nutsvoorziening tot een ruimtelijk ordenend principe dat mede bepaalt of de bouwvergunning er komt en waar relevante energie-infra een plek krijgt.

Tijdens het schrijven groeide mijn besef dat dit vraagstuk niet simpelweg op te lossen is met één nieuwe technologie of een enkel beleidsinstrument. De werkelijkheid is weerbarstig. Het voelt soms alsof we ons een weg moeten banen door een doolhof waarvan de muren steeds verschuiven. Daarbij is het risico reëel dat woningbouw door de energietransitie en netcongestie vertragen of zelfs stilvalt. Verkeerde keuzes kunnen netcongestie ook verergeren en de kosten van een veranderende energierekening onevenredig zwaar neerleggen bij bewoners.

Deze reis had ik niet alleen kunnen maken. Ik wil mijn begeleider bedanken voor de scherpe vragen en het aansporen om steeds een laag dieper te graven. Ook ben ik de geïnterviewde professionals dank verschuldigd: hun openheid maakte het mogelijk om de theorie te verbinden met de praktijk. Mijn werkgever en in het bijzonder mijn leidinggevende wil ik niet vergeten. De coachende en faciliterende rol in het 'hoe' in de waan van de dag tot focusmomenten voor concentratie te komen, mag niet worden vergeten. En tot slot gaat mijn grootste dank uit naar het engelengeduld vanuit mijn thuisfront, dat mij steeds de ruimte gaf als ik weer eens uren in gedachten verdwaald leek in dat verwarrende doolhof.

Ik hoop dat dit onderzoek bijdraagt aan een beter begrip van de rol die energiehubs en nieuwe vormen van samenwerking kunnen spelen in het verlichten van netcongestie, onder de premisse van een betaalbaar en volhoudbaar energiesysteem. Want uiteindelijk gaat dit vraagstuk niet over technologische oplossingen, maar over keuzes, governance en lef om te vernieuwen, leidend tot leefbare en betaalbare huisvesting & wijken, gerealiseerd door (financieel) toekomstbestendige bedrijven. Net zoals het bij mijn dagelijkse werkzaamheden bij ABN AMRO nooit alleen gaat over het financieel mogelijk maken van een investering in tastbare zaken als (energie)- infrastructuur, vastgoed of installaties. Het gaat om de maatschappelijke impact van een totaaloplossing.

MANAGEMENTSAMENVATTING

Op beoogde projectlocaties in het hele land klinkt dezelfde vraag, soms fluisterend, soms zichtbaar gefrustreerd: kan de nieuwe woonwijk die we hebben bedacht nog wel op het elektriciteitsnet? Het antwoord komt zelden snel en met zekerheid. Soms verschijnt een spreadsheet vol rode cellen, soms een voorwaardelijke toezegging voor over een aantal jaar, soms slechts stilte. Zo manifesteert netcongestie zich vandaag: niet als een technisch detail, maar als een dagelijkse rem op gebiedsontwikkeling. Projecten schuiven, ambities worden bijgesteld en het tempo van de woningbouw voelt steeds meer als iets waarvoor gevochten moet worden.

Eind oktober heeft ook het Interprovinciaal Overleg (2025) luid en duidelijk de noodklok geluid. Ze signaleert dat netcongestie landelijk inmiddels 30% van de woningnieuwbouwprojecten raakt en dat in Flevoland, Gelderland en Utrecht vanaf 2027 feitelijk een bouwstop dreigt, waarbij ook de kleinverbruik aansluitingen (woningen) worden geraakt. In deze werkelijkheid groeit de aandacht voor energiehubs. Ze worden gepresenteerd als slimme schakels: multi-energiesystemen waarin elektriciteit, warmte, koude, opslag en sturing samenkomen om schaarse netcapaciteit efficiënter te benutten. Maar achter die belofte schuilt een complexer verhaal. Vooral in de woningbouw, waar eigendom, gedrag, governance, publieke belangen en technische randvoorwaarden elkaar kruisen, blijkt de stap van concept naar realisatie veel groter dan beleidsstukken suggereren.

Het onderzoek laat zien dat energiehubs in theorie veel potentieel hebben: zij kunnen pieken afvlakken, duurzame opwek beter inpassen en ontwikkelaars ruimte bieden voor keuzes die anders niet in het net zouden passen (p. 33–34). Toch blijft toepassing in woonwijken achter. De meeste initiatieven ontstaan op bedrijventerreinen, waar gebruikers homogener zijn en governance eenvoudiger is (p. 70–72). In woonwijken werkt alles door elkaar heen: uiteenlopende verbruiksprofielen, warmtepompen, laadpalen, seizoensopslag, collectieve assets en complexe grondexploitaties, ingebed in provinciale en gemeentelijke kaders die nog onvoldoende zijn toegerust op deze nieuwe energie-infrastructuur.

Daar ontstaat een hardnekkig spanningsveld. Netbeheerders zijn primair gericht op het borgen van systeemveiligheid in een net dat kraakt op piekmomenten, terwijl initiatiefnemers juist mogelijkheden zien om het systeem slimmer én duurzamer te maken. Daarmee botsen twee logica's: het minimaliseren van risico's versus het maximaliseren van ontwikkelruimte en verduurzamingskansen (p. 73–76). In die spanning raakt de duurzaamheidsambitie zichtbaar onder druk. Extra zonnepanelen worden soms ontmoedigd, uit angst voor terugleverpieken, ook wanneer slimme regeltechniek deze zou kunnen voorkomen. Voor partijen die willen versnellen richting een klimaatneutrale wijk voelt dat wrang: klimaat en betrouwbaarheid botsen frontaal, waarbij de congestiedruk vaak zwaarder weegt.

Voor marktpartijen speelt bovendien de bedrijfseconomische realiteit. Zij investeren fors in flexibilitieitsopties, energetische simulaties en slimme ontwerpkeuzes vanuit bouwkundig en technologisch perspectief, nemen onzekerheden mee in hun businesscases en schuiven investeringen en risico's naar voren. Maar die extra inspanningen, in de interviews herhaaldelijk benoemd (p. 74–76), worden nog nauwelijks beloond: een aantoonbaar netbewuste wijk geeft geen automatische zekerheid op aansluiting. Dat leidt tot economische frictie: bedrijven leveren extra waarde, maar missen een basis voor een structureel verdienmodel. De eerste pilots met buurtbudgetten (Alliander, 2025) zijn er, maar een buurtbudget is nog geen standaard menukaart optie voor ontwikkelaars en grondeigenaren.

Tegelijkertijd bewegen actoren zich langs de randen van juridische en bestuurlijke kaders. Gemeenten zoeken interpretatieruimte binnen de Omgevingswet, netbeheerders testen tijdelijke contractvormen

zonder duidelijke verankering en ontwikkelaars ontwerpen op basis van aannames die bij een volgende congestie-update achterhaald kunnen zijn. Dit is geen roekeloosheid, maar urgentie: de energietransitie ontwikkelt zich sneller dan het regelkader dat haar moet ondersteunen (p. 67–70).

Deze improvisatie kent een prijs. Overheden huren externe adviseurs in om grip te krijgen, maar marktpartijen signaleren dat voldoende domeinkennis bij ingehuurde consultants niet altijd aanwezig is. Zo ontstaat een lappendeken van aannames, modellen en adviezen die niet vanzelfsprekend op elkaar aansluiten (p. 81–84). Het resultaat is geen chaos, maar wel technische fragmentatie: wisselende rekenmethoden, uiteenlopende aannames en het ontbreken van gedeelde standaarden (p. 89–92).

Wie verder uitzoomt, herkent patronen uit transitietheorie. Innovaties zoals energiehubs ontstaan in niches: plekken voor leren, experimenteren en nieuwe combinaties van techniek en samenwerking. Maar die beschermde ruimte ontbreekt in de woningbouw vrijwel volledig. Het energiesysteem, gericht op stabiliteit en risicomijding, biedt weinig ruimte voor innovaties die flexibiliteit en gedeeld eigenaarschap vereisen. Governance vormt eveneens een bottleneck: effectieve samenwerking vraagt vertrouwen, gedeelde probleemdefinities en procesregie, voorwaarden die in de praktijk vaak ontbreken. Vanuit Common Pool Resource-perspectief is netcapaciteit bovendien een gedeelde, schaarse hulpbron zonder duidelijke regels voor toegang, zeggenschap en beloning.

Ondertussen verschuift door de enorme druk op het elektriciteitsnet bijna alle aandacht naar elektrificatie. Maar energiehubs zijn per definitie multi-energiesystemen (p. 21–24). Eenzijdige focus op elektriciteit dreigt oplossingen te verdringen die systeemdruk juist kunnen verlagen en die essentieel zijn voor een toekomstbestendig energiesysteem.

En dan is er nog de vraag die zelden expliciet op tafel ligt: wat betekent dit voor bewoners? Wie draagt de kosten van opslag, collectieve assets en slimme sturing? Hoe blijft de energierekening betaalbaar, vooral voor lage en middeninkomens? Dit blijft onderbelicht, terwijl het cruciaal is voor draagvlak en opschaling (p. 29–30; p. 72).

Uit dit onderzoek blijkt dat energiehubs alleen kansrijk zijn wanneer drie voorwaarden gelijktijdig aanwezig zijn: vroege betrokkenheid van kernactoren; duidelijke afspraken over governance, zeggenschap en verantwoordelijkheden; en financiële en juridische ruimte, zoals experimenteerruimte of een experimenteerstatus, voorwaarden waarvoor veel behoefte bestaat, maar die nog nauwelijks vorm krijgen in provincies als Flevoland, Gelderland en Utrecht (p. 35–38; p. 73–76). Ontbreekt één van deze voorwaarden, dan stopt de ontwikkeling.

Het is daarom tijd voor een andere manier van organiseren. Dit onderzoek laat zien dat een nationale, coördinerende actieagenda energiehubs nodig is: met processtandaarden, richting, structurele experimenteerruimte, betrokkenheid van energiebedrijven en borging van betaalbaarheid. Alleen dan kan van pilots worden doorgroeid naar echte opschaling.

De rode draad is helder: de praktijk is al verder dan het institutionele kader suggereert. De bereidheid, creativiteit en technische mogelijkheden zijn er. Wat ontbreekt, is een gezamenlijk verhaal en gedeelde spelregels die inspanningen bijeenbrengen tot structurele vooruitgang en opschaling. Energiehubs kunnen de woningbouw weer op gang helpen, maar alleen als we de stap zetten van geïmproviseerde oplossingen naar gezamenlijk systeemontwerp, en daarmee van stagnatie naar een toekomstbestendige, gedeelde energiepraktijk.

INHOUDSOPGAVE

I. INLEIDING	9
1.1 Netcongestie als groeiend probleem	9
1.2 Energieplanologie en schaalniveaus	9
1.3 Evolutie van het Nederlandse Energiesysteem	11
1.4 Beleidscontext en visieontwikkeling	13
1.5 Urgentie en probleemstelling	13
1.6 Doelstelling	14
1.7 Onderzoeksvraag en deelvragen	14
1.8 Praktische relevantie	16
1.9 Wetenschappelijke relevantie onderzoek	16
1.10 Onderzoeksmethode	17
1.11 Opzet scriptie	18
2. ENERGIEHUBS ALS ONDERDEEL VAN HET TOEKOMSTIGE ENERGIESYSTEEM	19
2.1 Het concept Energiehub	19
2.1.1 Multi – energiesytemen en schaalniveaus.	19
2.1.2 Slimme aansturing en focus op elektriciteitsnet	20
2.1.3 Schaalniveaus en systeemconnectie	21
2.1.4 Samenwerking, governance en organisatiegraad	21
2.1.5 Technische afbakening concept energiehub	22
2.2 Multi-aspect benadering	23
2.2.1 Technische aspecten	23
2.2.2 Samenwerking en Governance aspecten	24
2.2.3 Juridische en wetgevingsaspecten	25
2.2.4 Sociale en maatschappelijke aspecten	27
2.2.5 Financiële aspecten	28
2.3 Verrijking definitie van een energiehub	29
2.3.1 Verdere afbakening van de definitie van een energie hub	29
2.3.2 Business concept vs. business model	31
2.4 Potentie van energiehub in de woningbouw	31
2.4.1 Energiehub als oplossing voor netcongestie in de woningbouw	31
2.4.2 Energiehub als coördinerend mechanisme	32

2.5	Conditioes en belemmeringen rondom Energiehubs	33
2.5.1	Samenwerking als randvoorwaarde en complexiteit bij aanpak van netcongestie	33
2.5.2	Voordelen en nadelen energiehubs	35
2.5.3	Belemmeringen bij het operationaliseren van energiehubs.	36
2.6	Samenvattend	37
3.	THEORETISCH KADER: SYSTEEMINNOVATIE IN EEN MULTI STAKEHOLDER NETWERK	38
3.1	Multi – Level Perspectief	38
3.1.1	Socio – technisch landschap	39
3.1.2	Socio – technisch regime	40
3.1.3	Niches	42
3.2	Strategisch niche management.	43
3.2.1	Kernprocessen van het SNM raamwerk	44
3.2.2	Opschaling en regime verandering door co-evolutie.	46
3.2.3	Kritiek op het transitieonderzoek	47
3.3	Governance of Change	47
3.3.1	Drie bouwstenen van Governance of Change	48
3.3.2	Vier Archetypen van Governance	52
3.3.3	Rollen van de overheid in relatie tot transformatieve processen.	52
3.4	Collaborative Governance	53
3.4.1	Collaborative Governance theorie	54
3.4.2	Collaborative Governance regime	54
3.4.3	De relevantie van kleine successen	55
3.5	Common Pool Resource Management	56
3.5.1	Bruikbaarheid van CPR bij netcongestie en energiehubs	56
3.5.2	Van CPR naar multi-level governance	57
3.6	Samenvattend	58
4.	EMPIRISCH ONDERZOEK: METHODOLOGIE	60
4.1	Onderzoeksvragen en hypothesen	60
4.2	Onderzoeksmethoden en dataverzameling	61
4.3	Toetsingskader	63
4.4	Validiteit en betrouwbaarheid	65
4.5	Methodologische verantwoording	66

4.6 Samenvattend	67
5. SYNTHESE EN ANALYSE	68
5.1 Synthese van de interviews	68
5.1.1 Technologische en ruimtelijke aspecten	68
5.1.2 Juridische en wetgevingsaspecten	69
5.1.3 Sociaal-maatschappelijk aspecten	70
5.1.4 Governance en samenwerking	71
5.1.5 Financiële en economische aspecten	72
5.1.6 Toekomstbeeld en schaalbaarheid	73
5.1.7 Integreerende reflectie: rode draden, spanningsvelden en blinde vlekken	74
5.2. Casebeschrijvingen	75
5.2.1 Casus Merwedekanaalzone	75
5.2.2 Casus Balanswijk	76
5.2.3 Participatieve observatie	78
5.3 Caseanalyse door middel van toetsingskader	78
5.3.1 Scoring Merwedekanaalzone	78
5.3.2 Scoring Balanswijk	81
5.4. Interpretatie van gecombineerde onderzoeksresultaten: interviews en cases	84
5.5. Validatie van hypothesen	85
5.6. Nieuwe inzichten onderzoek	87
5.7. Samenvattend	89
6. CONCLUSIE, BEPERKINGEN EN AANBEVELINGEN	90
6.1. Beantwoording van de onderzoeksvragen	90
6.2. Aanbevelingen	91
6.3. Beperkingen	94
6.4 Reflectie	96
LITERATUURLIJST	99
BIJLAGE A: INFORMED CONSENT INSTRUCTIE (MAIL)	108
BIJLAGE B: INFORMED CONSENT FORMULIER	110
BIJLAGE C: INTERVIEW PROTOCOL	113
BIJLAGE D: OVERZICHT VAN GEINTERVIEWDE PERSONEN	116
BIJLAGE E: OVERZICHT VAN FIGUREN EN TABELLEN	117

I. INLEIDING

I.1 Netcongestie als groeiend probleem

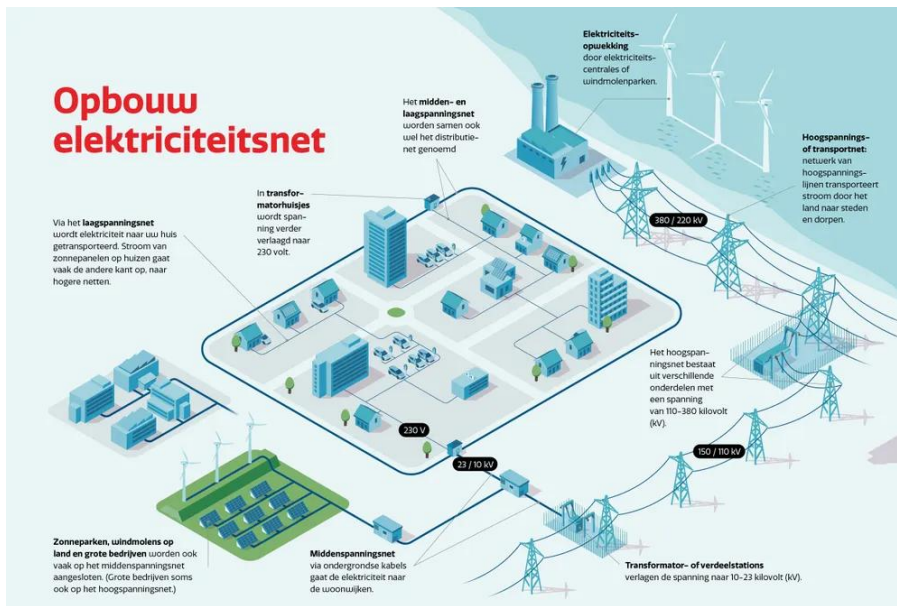
Netcongestie is een groeiend probleem, steeds vaker raakt het burgers en bewoners, doordat nieuwe woningen in eerste instantie niet kunnen worden aangesloten op het elektriciteitsnet of doordat de benodigde verzwaring van een aansluiting op het net niet mogelijk is. Denk bijvoorbeeld aan een sloop-nieuwbouw transformatie naar woningen waarbij de gecontracteerde capaciteit op een trafohuisje ontoereikend is. Of aan een nieuw te realiseren woonwijk of appartementencomplex waarbij de ruimte op het middenspanningsnet ontoereikend is en er niet kan worden gestart met bouwen. In het voorjaar van 2024 signaleerde de toenmalige minister van Economische Zaken en Klimaat dat in de provincies Flevoland, Gelderland en Utrecht de situatie het meest nijpend is. Zonder maatregelen staan te realiseren woningbouwprojecten onder druk en wordt het risico op veelvuldige stroomuitval vanaf 2026 reëel (Ministerie Economische Zaken en Klimaat, 2024a).

Netcongestie laat zich het beste omschrijven als file op het elektriciteitsnet op piekmomenten. Door bevolkings- en huishoudensgroei en ook welvaartgroei gebruiken we steeds meer stroom. Tegelijkertijd heeft Nederland zich gecommitteerd aan het klimaatdoel (Rijksoverheid, z.d., Klimaatverandering beperken) om in 2050 klimaatneutraal te zijn. Dat betekent dat de stroom die we gebruiken in toenemende mate duurzaam en decentraal opgewekte stroom zal zijn en ook moet gas door stroom worden vervangen. De sterke groei van elektrische auto's, warmtepompen en zonnepanelen zorgt in combinatie met de elektrificatie van de energievoorziening voor pieken in zowel de stroomvraag als het stroomaanbod. Op deze piekmomenten is het elektriciteitsnet 'vol' en dreigt de uitval van stroom of een mindere kwaliteit van stroom. Voorziena congestie kan ook betekenen dat nieuwe woonwijken geen transportcapaciteit krijgen. Dit betekent in veel gevallen vertraging van nieuw op te leveren woningen in een periode dat het woningtekort al gestaag oploopt.

I.2 Energieplanologie en schaalniveaus

Netcongestie vraagt om een andere manier van kijken naar de inrichting van het energiesysteem en de ruimtelijke ontwikkeling. Het Nederlandse elektriciteitsnet is jarenlang ontworpen voor grootschalige, centrale productie en een voorspelbaar verbruikspatroon. Die uitgangspunten staan onder druk door de opkomst van elektrificatie en decentrale opwek, zoals zonnepanelen, warmtepompen en lokale opslag (zie figuur I.1). Het energieverbruik en -aanbod worden daardoor niet alleen groter maar ook veel meer lokaal en variabel, wat nieuwe eisen stelt aan de planning en benutting van netcapaciteit.

Tot enkele jaren geleden werd netcongestie binnen gebiedsontwikkeling vaak nog gezien als een vrij technisch thema of zelfs als een blinde vlek. Het gebruikelijke proces ging ervan uit dat een ontwikkelaar na verlening van de omgevingsvergunning bij de netbeheerder informeerde naar een aansluitmoment. In de praktijk blijkt die volgorde niet langer houdbaar, omdat de aansluitcapaciteit niet gegarandeerd is en woningbouwprojecten vertraging kunnen oplopen of helemaal vastlopen (Faas, 2024). Dit is des te urgenter gezien de maatschappelijke opgave om het woningtekort terug te dringen (Den Draak et al., 2024). Een structureel gebrek aan passende woonruimte zet sociale cohesie onder druk en kan zorgen voor een toename van kansenongelijkheid.



Figuur 1.1: Structuur van het Nederlandse elektriciteitsnet, Vereniging Eigen Huis, 2024

Er ontstaat daarom een behoefte aan energieplanologie: het integraal meenemen van energieinfrastructuur in de fasering en planvorming van gebiedsontwikkeling en wijkverduurzaming. Dat vraagt al in een vroeg stadium om afwegingen over de verwachte energiebehoefte op een specifieke locatie, hoe vraag en aanbod lokaal beter op elkaar kunnen worden afgestemd en welke restvraag overblijft waarvoor het netwerk moet worden aangepast of uitgebreid. Deze aanpak sluit aan bij het principe van de trias energetica (zie figuur 1.2), waarin het verminderen van de energievraag en het verduurzamen van het resterende verbruik centraal staan.

Belangrijk is dat netcongestie zich niet beperkt tot het laagspanningsnet in een wijk. Het raakt verschillende schaalniveaus doordat lokaal opgewekte duurzame energie op piekmomenten moet worden doorgegeven aan het midden- en hoogspanningsnet. Die schaalovergangen maken de problematiek extra complex. Regionaal zijn de knelpunten bijvoorbeeld goed zichtbaar in de provincies Flevoland, Gelderland en Utrecht (FGU), waar TenneT aangeeft dat de grenzen voor invoeding en afname op het hoogspanningsnet zijn bereikt. Voor 2030 wordt op verschillende plekken geen fysieke uitbreiding verwacht, wat zich vertaalt in wachtlijsten voor zowel bedrijven als huishoudens die willen worden aangesloten.



Figuur 1.2: Trias Energetica

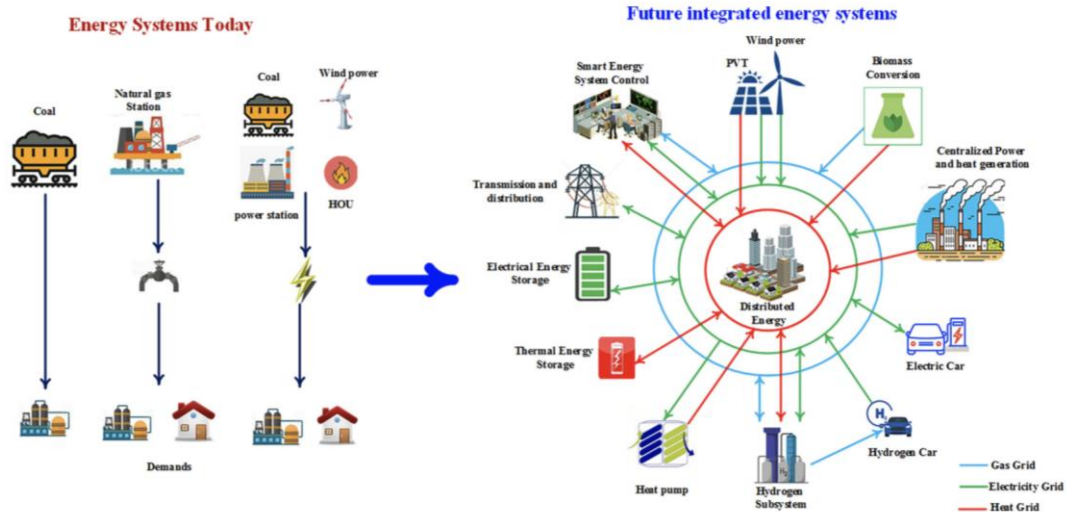
De multi-schaal problematiek zorgt ervoor dat het is niet voldoende is om enkel in te zetten op netverzwaring. Volgens Netbeheer Nederland, de brancheorganisatie van de landelijke en regionale netbeheerders, duurt het door planologische procedures, vergunningverlening en schaarste aan vaktechnici bovendien nog zeker tien jaar voordat de noodzakelijke uitbreidingen in de pas lopen met de klimaatdoelen voor de gebouwde omgeving en het bedrijfsleven en de verwachte energievraag. In de tussentijd groeit de urgentie om andere oplossingen te ontwikkelen die piekbelasting kunnen beperken en transport schaarste verminderen.

Een van de oplossingsrichtingen die daarbij in beeld komt, is het opzetten van decentrale energiesystemen waarbij productie, verbruik en opslag lokaal beter op elkaar worden afgestemd. Binnen dat bredere palet wint het concept van de energiehub aan aandacht. Een energiehub kan worden gezien als een slim georganiseerd lokaal systeem dat op wijk- of buurtniveau vraag en aanbod coördineert en daarbij flexibel inzet op opslag of conversie. Aan de kant van bedrijven wordt al geëxperimenteerd met flexibele contracten om piekvraag te beperken, maar dergelijke maatregelen blijken vaak onvoldoende. Daarom wordt in deze scriptie onderzocht of energiehubbs kunnen bijdragen aan het opvangen van de groei van lokaal energieverbruik en -opwek zonder het net verder te belasten.

I.3 Evolutie van het Nederlandse Energiesysteem

Het Nederlandse energiesysteem is historisch sterk gevormd door economische en maatschappelijke ontwikkelingen. Decennialang was het ingericht op centrale productie uit kolen, olie en vooral aardgas. De vondst van aardgas in Groningen leverde tussen 1966 en 2021 ruim 450 miljard euro op (Algemene Rekenkamer, 2022) en maakte goedkope en betrouwbare energie mogelijk voor industrie en huishoudens. Betaalbaarheid en leveringszekerheid waren daardoor lange tijd de belangrijkste ontwerpprincipes.

De energietransitie heeft deze uitgangspunten fundamenteel veranderd. Klimaatdoelen vereisen dat ons energiesysteem in 2050 klimaatneutraal is, met een veel groter aandeel duurzaam opgewekte elektriciteit, zowel grootschalig en centraal als kleinschalig en decentraal. Beleid, financiële prikkels en maatschappelijke druk hebben geleid tot een sterke toename van distributed energy resources (DERs): lokale installaties voor opwek, opslag en verbruik. Deze beweging vraagt om een omslag van een lineair, centraal energiesysteem naar een complexer, geïntegreerd ecosysteem waarin vraag en aanbod op meerdere schaalniveaus slim op elkaar moeten worden afgestemd. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 1.3, dat de transitie laat zien van een traditioneel centraal systeem naar een toekomstig decentraal systeem waarin rollen, verantwoordelijkheden en interacties tussen actoren veranderen.



Figuur 1.3: De transitie van een centraal energiesysteem naar een toekomstig, decentraal systeem, overgenomen uit Eladl et al.(2023)

In toenemende mate wordt leveringszekerheid, betaalbaarheid en betrouwbaarheid van het energiesysteem belangrijker. Het onafhankelijke Expertteam Energiesysteem (Ter Haar et al., 2023) benadrukt dat inmiddels ook veiligheid, afhankelijkheid, leefomgevingskwaliteit en maatschappelijke betrokkenheid belangrijke uitgangspunten zijn voor het toekomstige systeem. Dit maakt het noodzakelijk om niet alleen technologische oplossingen te ontwikkelen, maar ook governance, financiering en samenwerking anders te organiseren.

In dit licht worden energiehubs genoemd als een mogelijke oplossing om lokaal opgewekte duurzame energie, opslag en verbruik beter op elkaar af te stemmen binnen een smart-grid-aanpak (Howell et al., 2017; Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2024b). Energiehubs zetten in op een intensieve en geformaliseerde samenwerking tussen verschillende actoren, met als doel piekbelasting op het elektriciteitsnet te voorkomen en tegelijkertijd de verduurzaming van de energievoorziening te ondersteunen. Denk bijvoorbeeld aan het slimmer benutten van het elektriciteitsnet door incentives en vergoedingen vanuit de netbeheerder en het slimmer en stuurbaar maken van apparatuur en laadinfra. Het merendeel van initiatieven op dit vlak richt zich momenteel op bedrijventerreinen en de urgentie onder bedrijven is ook hoog. Eind 2024 stonden ruim 8.440 bedrijven op een wachtlijst voor een nieuwe aansluiting voor invoeding op het elektriciteitsnet en nog eens 11.922 verzoeken staan in de wachtrij voor een aansluiting voor afname (Netbeheer Nederland, 2025).

Voor woningbouwprojecten is nog geen formele wachtlijst voor kleinverbruikersaansluitingen, maar netbeheerders waarschuwen voor toenemende druk op het laagspanningsnet en langere doorlooptijden voor nieuwe aansluitingen. Daarnaast lopen investeringen in warmtenetten vertraging op door aanpassingen in de Warmtewet (Ministerie van Klimaat en Groene Groei, 2024), terwijl warmtevraag ruim de helft van het totale energieverbruik van huishoudens uitmaakt. Deze ontwikkelingen benadrukken waarom het denken over integraal ontworpen oplossingen zoals energiehubs ook voor woningbouw relevant is. Het vereist dat energievoorziening niet langer als sluitpost in planvorming wordt gezien, maar als integraal onderdeel van gebiedsontwikkeling.

I.4 Beleidscontext en visieontwikkeling

Hoewel op verschillende terreinen al beleidskaders bestaan, bijvoorbeeld rond verduurzaming van de gebouwde omgeving en infrastructuurversterking, zijn deze tot dusver vaak gefragmenteerd. De Kamerbrief 'Decentrale ontwikkeling van het energiesysteem' (Ministerie van Klimaat en Groene Groei, 2025) kan worden gezien als een resultaat van een bredere discussie in de afgelopen jaren waarin steeds meer het besef doordringt dat zulke vraagstukken niet los van elkaar kunnen worden opgelost. Het is het eerste beleidsdocument dat expliciet verschillende strategische opgaven in samenhang benoemt:

- het balanceren van vraag en aanbod op alle schaalniveaus,
- het versterken van de samenhang tussen energie en gebiedsontwikkeling,
- en het verbeteren van de sociaal-maatschappelijke inbedding en zeggenschap.

Die samenhang maakt duidelijk dat de opgave veel meer vraagt dan alleen technische oplossingen of netverzwaring. Tegelijkertijd moet worden onderkend dat het hier nog geen geïntegreerd uitvoeringsbeleid betreft, maar vooral een richtinggevende visie met een variëteit aan sectorale beleidsplannen en een uitnodiging om dit verder in de praktijk te concretiseren. Gemeenten, ontwikkelaars en netbeheerders lijken steeds vaker te wijzen op de noodzaak om energievoorziening niet als sluitpost te behandelen (Van den Bragt, 2024), maar als integraal onderdeel van gebiedsontwikkeling. Deze scriptie sluit daarop aan door te onderzoeken hoe energiehubbs in woningbouwprojecten in de praktijk kunnen worden ontwikkeld en toegepast, met aandacht voor de technische, financiële, juridische, governance- en sociale aspecten die deze opgave complex maken.

I.5 Urgentie en probleemstelling

Zoals gesignaleerd, lijkt de traditionele scheiding tussen ruimtelijke ontwikkeling en netbeheer tot praktische problemen te leiden bij de realisatie van nieuwe woningen. Het resultaat is dat projecten soms op wachtlijsten belanden of vertragen door een gebrek aan aansluitcapaciteit. Dat is geen theoretisch probleem, maar een actuele realiteit. In Utrecht werd in 2024 gedebatteerd over het tijdelijk uitschakelen van openbare laadpalen op piekmomenten om het net te ontlasten (Van Rossum du Chattel, 2024). In Almere zien we dat netcongestie zorgt voor wachttijden en vertragingen bij woningbouw en netverzwaring pas na 2033–2035 wordt voorzien (Omroep Flevoland, 2025). Almere zet daarom in op slim en netbewust laden om piekbelasting te beperken en beschikbare capaciteit beter te benutten.

Om deze uitdagingen het hoofd te bieden, zijn partijen op zoek naar andere manieren van organiseren. Er ontstaat aandacht voor geïntegreerde en lokaal afgestemde oplossingen, waarin vraag en aanbod al vroeg in de planvorming worden meegenomen. Dit heeft geleid tot initiatieven zoals de ontwerpprincipes voor netbewuste nieuwbouw (Netbeheer Nederland et al., 2024) en tot experimenten met netbudgetten, groepscontracten en een experimenteerstatus in provincies als Flevoland, Gelderland en Utrecht (Provincie Utrecht, 2024). Daarnaast wordt gekeken naar concepten zoals energiehubbs en balanswijken, waarin productie, verbruik, opslag en samenwerking tussen partijen op wijkniveau beter op elkaar worden afgestemd. Zulke ideeën worden verkend in pilots zoals 'De Balanswijk', waar netbeheerder Liander samen met andere partijen onderzoekt hoe woningontwikkeling en netbeheer beter kunnen worden geïntegreerd en daar een 'blauwdruk' aanpak voor willen ontwerpen (Liander, 2024).

Hoewel deze initiatieven kansen lijken te bieden, is het belangrijk te onderkennen dat ze nog volop in ontwikkeling zijn. Het is nog onvoldoende duidelijk wat de belemmeringen zijn bij het inrichten van een energiehubs in de woningniewbouw en hoe deze kunnen worden weggenomen. Dat is de basis van de probleemstelling in dit onderzoek. Ondanks de groeiende aandacht en hoge verwachtingen in de dagelijkse praktijk voor energiehubs als mogelijke oplossing voor netcongestie in de woningbouw, ontbreekt het aan concrete handreikingen in de wijze waarop deze hubs daadwerkelijk kunnen bijdragen aan het voorkomen van congestie op wijkniveau, en welke organisatorische, juridische en economische randvoorwaarden daarvoor nodig zijn.

1.6 Doelstelling

In dit onderzoek is het doel om vast te stellen onder welke voorwaarden geïntegreerde, lokale oplossingen zoals energiehubs kunnen bijdragen aan het voorkomen van netcongestie op wijkniveau. Daarbij wordt onder andere gekeken naar financiële, technische, governance-, juridische en sociaal-maatschappelijke factoren op wijk-, regionaal en nationaal niveau. Er is in kaart gebracht wat de belemmeringen zijn bij het inrichten van een energiehubs en hoe deze kunnen worden weggenomen in de context van woningniewbouw. Daarbij is uitgegaan van het principe van een energieneutrale nieuwbouwwijk, een gebied dat over een jaar genomen evenveel (of meer) duurzame energie opwekt als het verbruikt. In de praktijk gaat het om zeer energiezuinige woningen met lokale opwek (bijvoorbeeld zonnepanelen), waardoor de afhankelijkheid van externe levering via het centrale net afneemt. Hoewel het idee aantrekkelijk lijkt dat opwek en verbruik volledig lokaal in balans zijn, vraagt dit om zorgvuldige afstemming tussen vraag, aanbod en opslag, en om voldoende ruimte voor (collectieve) energievoorzieningen zoals opslag en conversie. Juist op het schaalniveau van een wijk blijkt dit verdedigbaar: het is groot genoeg om collectieve infrastructuur rendabel en ruimtelijk in te passen, maar tegelijk klein genoeg om samenwerking tussen betrokken partijen concreet en lokaal te organiseren (Schonebeek, 2025).

Een netbewust en energieneutraal ontwerp kan helpen om de druk op het elektriciteitsnet te verminderen en woningbouwprojecten mogelijk te maken, ook in regio's met beperkte netcapaciteit. Tegelijkertijd geldt dat zonder aanvullende maatregelen een wijk nog steeds kan bijdragen aan het ontstaan van netcongestie, bijvoorbeeld tijdens piekmomenten. Deze scriptie heeft daarom verkend welke belemmeringen er zijn om tot een ontwerp en uitvoering te komen waarmee netcongestie kan worden voorkomen door pieken lokaal en slim op te vangen.

Bij de analyse is rekening gehouden met een breed scala aan factoren: de beschikbaarheid en toepasbaarheid van technische oplossingen, benodigde competenties en kennis, financieringsvragen, governance-vraagstukken, tegenstrijdige belangen, sociale ongelijkheid en juridische of planologische beperkingen. Het onderzoek verduidelijkt welke combinatie van actoren, samenwerkingsvormen, wetgeving en (systeem)innovaties nodig is om werkbare oplossingen te ontwikkelen. Daarbij zijn lessen getrokken uit twee Nederlandse cases van gebiedsontwikkeling waarin woningniewbouw de belangrijkste drijver is. Indien relevant zijn ook ervaringen met energiehubs in bedrijfsomgevingen meegenomen.

1.7 Onderzoeksvraag en deelvragen

De hoofdvraag van deze scriptie luidt:

‘Op welke wijze en onder welke voorwaarden kunnen energiehubs bijdragen aan het voorkomen van netcongestie met als uitgangspunt een energieneutrale nieuwbouwwijk?’

Door beantwoording van deze hoofdvraag is in beeld gebracht met welke acties, afspraken, ruimtelijke, technische, regelgevings- en organisatorische oplossingen op het niveau van de woonwijk energiehub kunnen worden gerealiseerd die een bijdrage leveren aan het voorkomen van netcongestie op het elektriciteitsnet. Daarbij is niet alleen gekeken naar de korte termijn, maar ook naar de mogelijke rol van energiehub in het energiesysteem richting 2050.

Definitie energiehub

In voorgaande paragrafen is het concept energiehub al kort geïntroduceerd. Op deze plek wordt het kort afgebakend. In deze scriptie is gehanteerd:

‘Een energiehub is een slim gestuurd, decentraal energiesysteem waar duurzame energieopwekking en energieconsumptie in een wijk of gebied zoveel mogelijk op elkaar worden afgestemd. Tegelijk wordt via de energiehub het bovenliggende (centrale) energiesysteem ontlast en/of versterkt door binnen de wijk zoveel mogelijk vraag en aanbod van verschillende energiedragers (bijv. zon, wind, geothermie) te balanceren door lokale productie, consumptie, opslag en conversie te combineren. Om dit mogelijk te maken zijn naast de technische en digitale infrastructuur ook een verdienmodel, organisatievorm en afspraken met verschillende stakeholders nodig.’

Er zijn op dit moment nog geen voorbeelden van complete, werkende energiehub in de context van nieuwe woonwijken. Wel zijn er talrijke initiatieven in voorbereiding op bedrijventerreinen en een beperkt aantal in exploitatie. Deze definitie is onder andere gebaseerd op het rapport van Topsector Energie – Programma Systeeminnovatie en op de duiding die Energy Scale-up, een organisatie die kennis bundelt over energiehub, eraan heeft gegeven (Topsector Energie - Systeemintegratie, 2021). In hoofdstuk 2 van deze scriptie wordt deze definitie verder afgebakend en wordt ingegaan op de positie van energiehub in het veranderende energiesysteem.

Deelvragen van deze scriptie

1. Hoe kunnen energiehub worden gedefinieerd en wat zijn de potentiële voordelen, nadelen en belemmeringen in het toekomstige duurzame en decentrale energiesysteem? (Hoofdstuk 2)

Een eerste stap in het beantwoorden van de hoofdvraag was het verhelderen van de definitie en kenmerken van energiehub. Ook belemmeringen en uitdagingen zijn belicht. In hoofdstuk 5 worden deze verder verdiept op basis van interviews met experts.

2. Wat is er nodig om de implementatie van energiehub te laten slagen vanuit het perspectief van de adoptie van innovaties in complexe systemen? (Hoofdstuk 3)

Na afbakening van het concept energiehub is gekeken naar de energiehub als innovatie in een complex socio-economisch systeem. Enerzijds is de potentie onderzocht om zich te ontwikkelen van niche-innovatie tot algemeen geaccepteerd concept. Anderzijds is bekeken hoe het huidige energiesysteem en de energietransitie ruimte bieden aan het ontstaan van energiehub, met behulp van het Strategic Niche Management-raamwerk (Schot & Geels, 2008; Caniëls & Romijn, 2008) en het Multi-Level Perspective-raamwerk (Geels, 2002; Andersen & Geels, 2023).

3. Op welke manier kan samenwerking in energiehub plaatsvinden om netcongestie te voorkomen? (Hoofdstuk 3)

Nadat de positionering van energiehub is afgebakend als duurzame innovatie in een complex socio-economisch systeem, is onderzocht hoe verandering kan plaatsvinden zodat energiehub daadwerkelijk gerealiseerd en geëxploiteerd worden. Daarbij zijn het Governance of Change-

raamwerk (Borrás & Edler, 2014 en 2020), de Collaborative Governance-theorie (Ansell & Gash, 2008; Emerson et al., 2012) en de Common Pool Resource-theorie (Ostrom, 2008) gebruikt om te duiden onder welke condities actoren en stakeholders tot actie en samenwerking overgaan. Energie wordt in deze scriptie in de context van netcongestie beschouwd als een collectieve, gemeenschappelijke voorziening.

4. *Wie zijn de betrokken actoren bij energiehubs, wat is hun rol en wat zijn hun (latente) belangen? (Hoofdstuk 5)*

Na uiteenzetting van de onderzoeksmethodologie in hoofdstuk 4 worden in hoofdstuk 5 de inzichten uit de interviews besproken. De definitie van energiehubs uit hoofdstuk 2 vormde hierbij het vertrekpunt. Er is geanalyseerd in hoeverre het concept in de praktijk wordt gezien als een oplossing voor het voorkomen van netcongestie.

5. *Welke condities, randvoorwaarden, wettelijke kaders of incentives zijn nodig om actoren te laten participeren aan oplossingen die netcongestie helpen voorkomen binnen een energiehubs? (Hoofdstuk 5)*

De inzichten uit de interviews, de toetsing van de casuïstiek en de spiegeling aan de literatuur bieden de basis voor een reflectie op innovatie en samenwerking en de potentie van het energiehubs-concept om uit te groeien tot een breed toepasbare aanpak binnen het energiesysteem van de toekomst.

I.8 Praktische relevantie

Hoewel de urgentie rond netcongestie en de noodzaak voor lokale oplossingen al is belicht, is het belangrijk om te benadrukken dat de kennisontwikkeling over energiehubs nog relatief pril is. Terwijl er steeds meer aandacht komt voor pilots en experimenteer statussen in beleid, ontbreekt het nog aan systematische inzichten over de voorwaarden waaronder energiehubs daadwerkelijk kunnen functioneren in de context van woningbouw en energie neutrale wijken.

Deze scriptie draagt bij aan het beter begrijpen van die voorwaarden door praktijkervaringen en expertinzichten te analyseren. Daarmee levert het onderzoek niet alleen relevante lessen op voor ontwikkelaars, gemeenten, netbeheerders en andere betrokken partijen, maar draagt het ook bij aan het opbouwen van een gedeelde kennisbasis die noodzakelijk is om dit soort integrale innovaties op grotere schaal mogelijk te maken.

I.9 Wetenschappelijke relevantie onderzoek

Deze scriptie draagt wetenschappelijk bij door bestaande theorieën over de adoptie van innovaties in complexe systemen toe te passen op de specifieke context van energiehubs. Aan de hand van het Multi-Level Perspective (MLP)-raamwerk is onderzocht hoe sociale, technische, economische, wetenschappelijke en beleidsmatige factoren elkaar beïnvloeden en hoe een veelheid aan actoren samenwerkt binnen een transitieproces. Deze benadering maakt het mogelijk interacties te analyseren tussen de innovatie zelf, de bovenliggende socio-technische systemen en het bredere landschap waar systeemverandering plaatsvindt, zoals veranderende wetgeving en maatschappelijke voorkeuren.

Daarnaast is de Strategic Niche Management (SNM)-theorie toegepast om beter te begrijpen hoe een innovatie zoals een energiehubs zich kan ontwikkelen van een beschermde niche naar een bredere toepassing. SNM biedt een analytisch kader om te beoordelen welke condities en leerprocessen opschaling kunnen ondersteunen, inclusief co-evolutie tussen technologie, gebruikersvoorkeuren en regelgeving.

Omdat een energiehubs ontstaat in een multi-stakeholderomgeving, is in deze scriptie ook aandacht besteed aan governance-aspecten. De MLP- en SNM-literatuur laat zien dat radicale duurzame innovaties zelden een puur technologische oplossing zijn. Sociale aspecten en samenwerking tussen actoren zijn vaak bepalend voor succes. De Governance of Change (GoC)-literatuur biedt daarbij inzicht in de rol van overheden en andere actoren bij het creëren van de condities voor systeemverandering en acceptatie. Naast GoC is ook gekeken naar Collaborative Governance en Common Pool Resource Management, om te analyseren hoe samenwerking tot stand komt en hoe een gedeelde resource zoals energie kan worden beheerd, waarbij de vraag van de ene actor de beschikbaarheid voor een andere beïnvloedt.

De wetenschappelijke meerwaarde van deze scriptie ligt ook in het verbinden van deze theoretische kaders om spanningsvelden, randvoorwaarden en kansen voor systeeminnovaties zoals energiehubs inzichtelijk te maken. Daarbij is gebruikgemaakt van twee Nederlandse casussen (Merwede Kanaalzone en Balanswijk Almere) om de condities te analyseren waaronder diverse actoren bereid zijn deel te nemen aan een energiehubs die bijdraagt aan het voorkomen van netcongestie. Deze empirische verdieping helpt de theorie te verfijnen en biedt aanknopingspunten voor effectievere participatiestrategieën.

1.10 Onderzoeksmethode

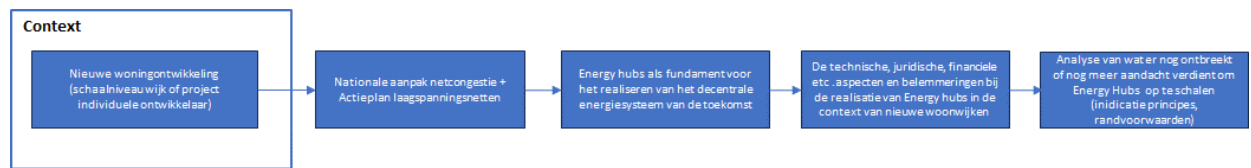
Deze scriptie richt zich op de netwerksamenwerking rondom een wijkgerichte aanpak zoals een energiehubs voor het voorkomen van netcongestie. De keuze voor deze focus kwam voort uit de noodzaak om beter te begrijpen hoe verschillende partijen in de praktijk samenwerken aan lokale oplossingen. Om deze complexiteit te doorgronden, is gekozen voor een kwalitatieve onderzoeksopzet in de vorm van een embedded multiple-case study, zoals beschreven door Yin (2018). Deze benadering is geschikt voor het bestuderen van 'hoe'- en 'waarom'-vragen in real-life contexten waarin meerdere actoren, belangen en institutionele condities samenkomen.

Het onderzoek bestaat uit drie samenhangende onderdelen: literatuuronderzoek, semi-gestructureerde interviews en casusanalyse. Het literatuuronderzoek biedt een eerste verkenning van relevante concepten en contextuele factoren, zoals governance, wet- en regelgeving en institutionele belemmeringen bij de energietransitie in de gebouwde omgeving. Vervolgens zijn in twee praktijkcases, de Balanswijk en Merwedekanaalzone, semi-gestructureerde interviews afgenomen met actoren op strategisch en tactisch niveau, waaronder netbeheerders, congestie-serviceproviders, gebiedsontwikkelaars, aannemers, technologieaanbieders, stedenbouwkundigen, gemeenten, provincies, rijksoverheid en toezichthouders zoals de ACM.

De interviews zijn uitgevoerd volgens de benadering van Kvale en Brinkmann (2009), waarin interviews worden beschouwd als kennis producerende gesprekken. De verkregen inzichten boden verdieping in actorenbelangen, institutionele knelpunten en handelingsperspectieven. In samenhang met de literatuurstudie hebben deze inzichten geleid tot de ontwikkeling van een toetsingskader met beoordelingscriteria voor samenwerking en condities rondom energiehubs. Dit kader diende vervolgens als systematische basis om de twee casussen langs vergelijkbare dimensies te analyseren en te scoren.

Om de betrouwbaarheid en consistentie van deze werkwijze te waarborgen, is de methodologische opzet ingebed binnen bredere inzichten uit kwalitatief sociaalwetenschappelijk onderzoek, zoals beschreven door Bryman (2016). Daarmee sluit dit onderzoek aan bij een interpretatief-pragmatische traditie, waarin de betekenisverlening door betrokken actoren centraal staat en verschillende dataverzamelmethode worden gecombineerd om de complexiteit van samenwerking rond energiehubs te begrijpen. Daarmee biedt het onderzoek inzichten die overdraagbaar zijn naar

vergelijkbare contexten. Vanuit die invalshoek zijn de resultaten van dit onderzoek niet te zien als absolute uitkomsten, maar als waardevolle lessen en patronen die houvast kunnen bieden bij toekomstige gebiedsontwikkelingen met energiehubs.



Figuur 1.4: Conceptueel model

1.11 Opzet scriptie

Deze scriptie start in hoofdstuk 1 met een inleiding en afbakening van de onderzoeksvraag, inclusief de wetenschappelijke en maatschappelijke relevantie. Hoofdstuk 2 schetst de context en definities rond het concept energiehubs als basis voor het literatuuronderzoek en de interviews, terwijl hoofdstuk 3 het theoretisch kader uitwerkt met aandacht voor het Multi-Level Perspective, Strategic Niche Management en verschillende governance benaderingen. Hoofdstuk 4 beschrijft de onderzoeksmethodologie en de toepassing op twee verschillende casussen: de Merwedekanaalzone in Utrecht, een binnenstedelijke gebiedsontwikkeling in een vergevorderd stadium met directe netcongestie-uitdagingen, en de Balanswijk in Almere, gericht op het gezamenlijk ontwikkelen van ontwerpprincipes voor een uitleglocatie voor woningniewbouw. Hoofdstuk 5 biedt een reflectie op literatuur en interviews, inclusief de beperkingen van het onderzoek, en hoofdstuk 6 presenteert de conclusies, aanbevelingen en een antwoord op de hoofdvraag.

2. ENERGIEHUBS ALS ONDERDEEL VAN HET TOEKOMSTIGE ENERGIESYSTEEM

Dit hoofdstuk behandelt deelvraag 1 van het onderzoek: 'Hoe kunnen energiehubs worden gedefinieerd en wat zijn de potentiële voordelen, nadelen en belemmeringen in het toekomstige duurzame en decentrale energiesysteem?' De definitie van energiehubs wordt verder afgebakend in paragraaf 2.1 en voorts duiden we hoe deze een rol kunnen spelen bij de productie, consumptie, conversie en opslag van energie in een afgebakend gebied. Ook karakteriseren we energiehubs aan de hand van specifieke aspecten, zoveel mogelijk aansluitend bij de Nederlandse context. Dit geeft een opstap naar het in beeld brengen van de potentie om met energiehubs netcongestie in de woningnieuwbouw te verminderen en inefficiënties in het traditionele systeem met primair centrale productie van energie te voorkomen. Ten slotte geeft dit hoofdstuk inzicht in de mate waarin met energiehubs een stabiel energiesysteem kan worden verkregen in het licht van de klimaatdoelstellingen en de duurzame energie ambities.

2.1 Het concept Energiehub

Zoals aangehaald in hoofdstuk 1 is energiehub is een slim gestuurd, decentraal energiesysteem waar duurzame energieopwekking en energieconsumptie in een wijk of gebied zoveel mogelijk op elkaar worden afgestemd. Tegelijk wordt via de energiehub het bovenliggende (centrale)energiesysteem ontlast en/of versterkt door binnen de wijk zoveel mogelijk vraag en aanbod van verschillende energiedragers (bijv. zon, wind, geothermie) te balanceren door lokale productie, consumptie, opslag en conversie te combineren. In de komende sub paragrafen belichten we de ontwikkeling van het concept energiehub in de afgelopen decennia.

Geidl et al. (2007) hebben als een van de eersten het begrip energiehub gedefinieerd als een geïntegreerd systeem waarin verschillende energiedragers en functies samen komen, vooral ten behoeve van energie efficiency en kostenbesparingen. In tabel 2.1 worden verschillende kenmerken van een energiehub belicht. Het laat de overeenkomsten en de verschillen in de literatuur zien. De ontwikkelingen die verder relevant zijn voor de Nederlandse context in relatie tot de woningnieuwbouw, worden behandeld in sub paragrafen.

2.1.1 Multi-energiesystemen en schaalniveaus

Ook Howell et al. (2017) beschrijven net als anderen een energiehub als een multi-energie systeem dat de opwek, opslag en conversie van verschillende energiedragers regisseert om vervolgens naar behoefte stroom, warmte en koeling naar eindgebruikers te kunnen leveren. Ze benadrukken dat een energiehub een onderdeel is van een 'holonisch' systeem: een hybride energiesysteem waarbij autonome decentrale subsystemen zoals bijvoorbeeld een energiehub ook functioneren in een energiesysteem dat op een ander niveau centraal wordt aangestuurd.

Dit zien we ook terug bij de benadering van micro hubs, zoals bijvoorbeeld een energiesysteem op gebouw niveau en grootschaligere macro hubs die zich op lokaal niveau afspelen en clusteren rondom specifieke functies of sectoren (Topsector Energie - Systeemintegratie, 2021; De Graaf et al., 2024). Micro hubs passen in macro hubs en deze kunnen op hun beurt ook weer gekoppeld zijn. Ook Geidl et al. bakenen de schaal van een energiehub af, waarbij bedrijventerreinen, grote gebouwcomplexen of een stadswijk worden genoemd.

Bronnen	Schaal	Optimalisatie energieverbruik	Meerdere energiedragers	Conversie	Opslag	Slimme aansturing & digitalisering	Link naar energieplanologie	Samenwerking tussen meerdere actoren	Organisatievorm & governance
Geidl et al. (2007)	Gebouw en gebied	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗
Maroufmas hat et al. (2015)	Gebied (dimensie regionaal en kleine gemeenschappen)	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗
Howell et al. (2017)	Gebouw (potentie wijkniveau)	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Mohammedi et al. (2017, 2018)	Gebouw en gebied (lokaal)	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Sadeghi et al. (2019)	Gebouw, gebied (lokaal, regionaal, nationaal)	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Topsector Energie (2021)	Installatie in gebouw en gebied (dimensie lokaal en regionaal naar sectoren)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Eladl et al. (2023)	Gebouw	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Haskoning (2024)	Gebied (dimensie lokaal daarbinnen naar sectoren)	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓
Ministerie van Economische Zaken & Klimaat, RVO (2024)	Gebied (dimensie lokaal en regionaal)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabel 2.1: Samenvatting van kenmerken bij definities van energiehubbs gevonden in literatuur

2.1.2 Slimme aansturing en focus op elektriciteitsnet

Als we de periode van 2007 tot heden beschouwen, dan zien we de aandacht voor slimme aansturing en digitalisering toenemen in recentere publicaties (Howell et al., 2017; Sadeghi et al., 2019). Dat komt door de significant toegenomen hoeveelheid decentrale energie-assets (distributed energy resources), als gevolg van de opkomst van hernieuwbare energie in Europa en daarbuiten. De academische literatuur beschrijft specifiek hoe door de toename van hernieuwbare energiebronnen de beschikbaarheid van elektriciteit niet constant is. Dit vraagt om flexibilisering door middel van een energiehub en slimme technologie om met zo hoog mogelijke efficiency en tegen de laagst mogelijke kosten gebruik te maken van alle beschikbare bronnen, binnen of buiten de energiehub.

De niet-wetenschappelijke publicaties (Topsector Energie - Systeemintegratie, 2021; Ministerie van Economische Zaken & Klimaat, 2024b) zijn toegespitst op de Nederlandse situatie en richten zich meer op een situatie van (dreigende) netcongestie. Daarmee ligt de focus vooral op opslag en conversie van energie op momenten dat er niet kan worden afgenomen van of geleverd kan worden aan het net. Het doel is zoveel mogelijk het lokale aanbod van energie af te stemmen op de lokale vraag en ook dit vraagt om flexibilisering en regelbare capaciteit door middel van slimme aansturing. Ook ligt in de niet-wetenschappelijke publicaties de nadruk op de connectie met het Nederlandse elektriciteitsnet, en op de ambitie om de woning- en gebouwvoorraad all-electric te maken. Waterstofopslag en bestaande warmtenetten lijken daarbij veelal te worden gezien als een extern gegeven buiten de directe scope van een energiehub (Ministerie van Economische Zaken & Klimaat, 2024a; De Graaf et al., 2024).

Dat de blik primair is gericht op het stroomnet en congestie verklaart mogelijk ook waarom er wordt gezocht naar afstemming van energiehub met planologie en gebiedsontwikkeling. Zoals in het Voorontwerp Nota Ruimte (Ministerie Binnenlandse Zaken & Koninkrijksrelaties, 2024) al is vastgesteld, kost een duurzamer en decentraler energiesysteem meer (bovengrondse) ruimte door ruimtelijke spreiding en de toename van transport-, opslag- en conversiefaciliteiten. Daarom moet door middel van 'energieplanologie' zoveel mogelijk gebiedsgericht de vraag worden samengebracht met het aanbod, om onnodig ruimtebeslag te voorkomen.

2.1.3 Schaalniveaus en systeemconnectie

In alle literatuur is sprake van een bepaalde mate van connectie met externe of bovenliggende infrastructuur. Dat betekent dat er een connectie vanuit de energiehub is naar gas-, elektriciteit- en warmtenetwerken en achterliggende netbeheerders. In de academische literatuur wordt dat vooral beschouwd als een technisch gegeven in relatie tot de noodzaak van slimme aansturing en het in lijn brengen van slimme communicatieprotocollen vanuit de energiehub richting het overkoepelende energiesysteem (Howell et al., 2017). Alleen Geidl et al. (2007), Maroufmashat et al. (2019) en Mohammadi et al. (2017) benoemen specifiek ook een koppeling met waterstof om de energiehub efficiënter te laten werken als bijvoorbeeld opslagmedium van een overschot aan geproduceerde elektriciteit. Mohammadi et al. (2018) benadrukt dat een connectie naar andere systeemniveaus, bijvoorbeeld vanuit een residentiële 'micro' energiehub naar een 'macro' hub waarin meerderde hubs gekoppeld worden, altijd vraagt om de inzet van een alomvattend energie managementsysteem. Eladl et al. (2023) bepleiten in dit verband een geïntegreerd en adaptief Energie Management Systeem (EMS). Aliabadi et al. (2021) gaan nog stap verder er stellen dat ook eventuele thuis-energiebeheersystemen of een Home Energie Management Systeem (HEMS), op buurtniveau moeten worden gecoördineerd om netinstabiliteit te voorkomen. Nu woningen met steeds meer elektrische en aanstuurbare apparatuur wordt uitgerust zoals zonnepanelen en batterijen, lijkt netinstabiliteit ook in Nederland voorstelbaar. Zeker met het oog op een toenemend aantal particuliere gebruikers die met deze apparatuur hun energieverbruik en opslag flexibiliseren en daarmee financieel willen besparen.

2.1.4 Samenwerking, governance en organisatiegraad

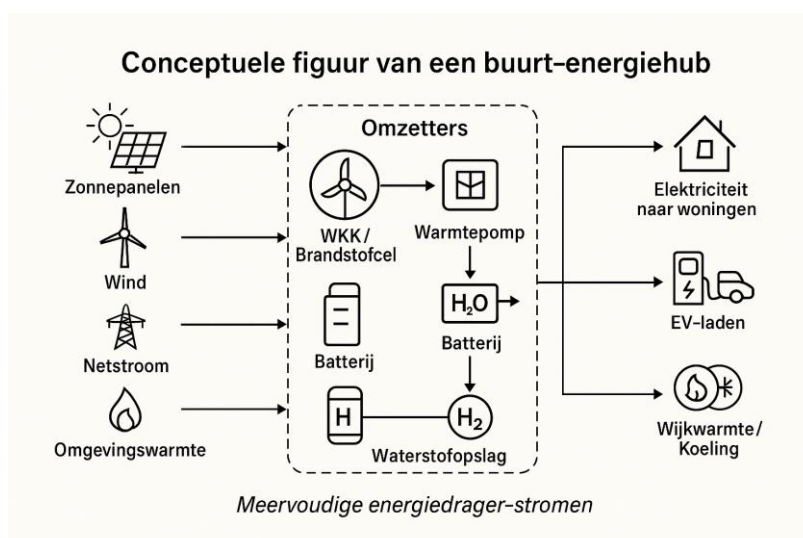
In de academische literatuur wordt er nergens expliciet gesproken over samenwerking tussen actoren, anders dan de afstemming over techniek en smart control systemen die noodzakelijk is. Ook governance en organisatievormen blijven onderbelicht. Howell et al. (2017) benadrukken wel dat het vanuit het oogpunt van vraagzijde sturing door middel van prikkels (demand side management) essentieel is dat er een consumentgerichte aanpak is om acceptatie en gedragsverandering te bevorderen. Dat is nog steeds iets heel anders dan het onderzoek van Haskoning *De families van Energyhubs in Nederland* (De Graaf et al., 2024) bepleit, dat specifiek ingaat op het aangaan van lange termijn relaties op basis van vertrouwen, de rol die gemeentes als verbinder kunnen hebben en het

eigenaarschap en de governance die zou moeten worden weerspiegeld in de juridische samenwerkingsvorm. In de 'Routekaart samenwerken in Energiehubs: de nulmeting' (Ministerie van Economische Zaken & Klimaat & Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2024) wordt met nadruk gesteld dat een energiehub in eerste instantie een samenwerking tussen verschillende partijen op het gebied van energie is. Naar mate de complexiteit toeneemt en de ontwikkelingsfase verandert, is er meer behoefte aan een hogere organisatiegraad. Aangezien voor bedrijven, gemeenschappen en bewoners energie geen dagelijkse kost is, lijkt dit te vragen om de inzet van coördinerende professionals.

2.1.5 Technische afbakening concept energiehub

In de academische literatuur is een energiehub tot dusver vooral technisch beschouwd. Het valt daarbij op dat er deels parallel in de tijd ook het nodige is geschreven over samenwerking ten behoeve van flexibiliteit in het energiesysteem (Le Dréau et al., 2023), energiegemeenschappen (Gjorgievski et al., 2021) en energy planning (Cajot et al., 2017). Hierin zitten aanknopingspunten om juist ook de sociale, governance en juridische aspecten rondom kansrijkheid van energiehubs te belichten. Tot dusver hebben academici zich nog nauwelijks gewaagd aan het spiegelen van de technologische inzichten ten aanzien van een energiehub met deze literatuur. Dat lijkt logisch, omdat het vakgebied van energiehubs, helemaal in relatie tot netcongestie, nog vrij nieuw is. Om echter goed te begrijpen hoe een energiehub in de context van Nederlandse woningniewbouw een rol kan spelen bij het verminderen van netcongestie, moeten we meer de diepte in. Voor nu stellen we vast dat een energiehub in ieder geval de volgende 'technische' ingrediënten aanraakt in de brede literatuur:

- Het is een decentraal multi- energiesysteem waar (duurzame) energieopwekking, opslag, conversie en energieconsumptie plaatsvindt
- De schaal is een gebouw of gebied en de hub staat in verbinding met de bovenliggende (centrale) elektriciteit-, warmte- en gasnetwerken of een deel daarvan
- Binnen de energiehub wordt zoveel mogelijk vraag en aanbod van verschillende energiedragers geoptimaliseerd door lokale productie, consumptie, opslag en conversie flexibel in te zetten
- Om flexibilisering en optimalisatie mogelijk te maken is slimme aansturing en digitalisering nodig, bijvoorbeeld door middel van een energiemanagementsysteem



Figuur 2.1: Conceptuele weergave van een energiehub gebaseerd op aangehaalde literatuur in tabel 2.1. en de samengevatte 'technische ingrediënten'. In de praktijk zullen woningen ook in toenemende mate de met zonnepanelen opgewekte elektriciteit terug kunnen leveren aan de energiehub. Aan de linkerkant van deze figuur kan in principe ook invoeding van gas plaatsvinden. Vanuit de ambitie om de gebouwde omgeving aardgasvrij te maken (klimaatpakket) is deze niet meer opgenomen.

2.2 Multi-aspect benadering

In hoofdstuk I is geschetst dat een energiehub kan worden opgevat als een geïntegreerde oplossing om lokaal vraag en aanbod van duurzame energie beter op elkaar af te stemmen en netcongestie te verminderen. De literatuur laat zien dat het functioneren van energiehub in de context van woningniewbouw niet alleen door technische kenmerken en slimme aansturing wordt bepaald. Ook juridische, organisatorische, sociale en financiële aspecten spelen een rol bij de haalbaarheid en het ontwerp (Sadeghi et al., 2019; Milchram et al., 2018; Ministerie van Economische Zaken en Klimaat & Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2024b). In deze paragraaf worden daarom de verschillende relevante aspecten beschreven die samen een kader bieden om in latere hoofdstukken de toepassingsmogelijkheden van energiehub in Nederlandse nieuwbouwwijken te beoordelen.

2.2.1 Technische aspecten

Hoewel we de technische kant van energiehub al deels hebben besproken, biedt de literatuur nog aanvullende lessen voor de woningniewbouw. Zo beschrijven Gholinejad et al. (2020) hoe op wijk- of buurtniveau een aanzienlijk deel van de energievraag lokaal kan worden gedekt, mits een deel van de woningen als 'home' energiehub functioneert en communiceert met het centrale net via energiemanagementsystemen. In hun model kunnen conventionele woningen tot 60% van hun energie lokaal betrekken, wat het centrale elektriciteitsnet ontlast en bovendien prijsvoordelen oplevert. Een recent TNO-rapport (Van Sambeek et al., 2024) benadrukt dat apparaten zoals zonnepanelen, warmtepompen en laadpalen slim aanstuurbaar moeten zijn via energiemanagementsystemen op woning- en wijkniveau. Hiervoor zijn interoperabele, open communicatieprotocollen en prijsprikkels essentieel om netcongestie op de laagspanningsnetten te voorkomen. In Nederland ontbreken echter nog zowel de technische standaardisatie als de wetgeving om dit breed mogelijk te maken (Hoetz et al., 2024). Gelet op het maatschappelijke belang van het voorkomen van netcongestie, lijkt de Rijksoverheid een belangrijke rol te kunnen vervullen bij het sturen op standaard protocollen. Ze kan namelijk sturen op een gelijk speelveld voor aanbieders van systemen en op compatibiliteit Europese initiatieven.

Een bijkomende uitdaging van toenemende digitale aansturing is de kwetsbaarheid voor cyberaanvallen en privacy risico's. Gungor et al. (2012) waarschuwen voor de groeiende cybersecurityrisico's in slimme woningen en netwerken en pleiten voor voortdurende ontwikkeling van Europese beveiligingsstandaarden. Le Dréau et al. (2023) wijzen op risico's zoals verlies van persoonlijke gegevens, verlies van systeemcontrole en financiële schade. Ook de position paper van Topsector Energie (2024) beschrijft risico's voor het elektriciteitsnet en voor huishoudelijke apparaten zoals zonnepanelen. Ondanks nieuwe Europese wettelijke eisen blijft de kwetsbaarheid bestaan vanwege het Internet of Things-karakter en cloud-based dataopslag.

Daarnaast spelen privacy en zelfbeschikking een grote rol bij digitale aanstuurbaarheid. Het is vanuit congestiebeperking wenselijk dat lokaal opgewekte zonnestroom eerst achter de meter wordt gebruikt of tijdelijk opgeslagen, voordat het net wordt belast. Dit 'achter de meter'-principe botst echter met het hoge gelijktijdigheidsgebruik in woningbouw: bijvoorbeeld zonnedaken die gelijktijdig terugleveren of forenzen die bij thuiskomst massaal koken en auto's opladen. Dit vraagt om collectieve aansturing van achter-de-meterapparatuur, waarbij apparaten automatisch gezamenlijk reageren om vraag en aanbod te balanceren. Hiervoor zijn interoperabele en open communicatieprotocollen nodig waarin privacyaspecten goed zijn geborgd. Op dit moment bestaat zo'n algemeen protocol nog niet. Het Ministerie van Klimaat en Groene Groei (2025b) heeft NEN gevraagd een standaard voor warmtepompen te ontwikkelen. NEN verkent inmiddels juist een bredere, overkoepelende norm voor slimme en net-intensieve apparaten om te voorkomen dat elk apparaat een eigen standaard krijgt (Van

Gastel, 2025). Daarbij is het op dit moment nog onduidelijk hoe persoonlijke meetgegevens gaan worden beschermd binnen die standaard.

Naast digitale aansturing zijn ook andere technische ontwerpprincipes relevant om netcongestie te beperken. De 'Principes voor netbewuste nieuwbouw' (Netbeheer Nederland et al., 2024) en de 'Handreiking netbewuste energieconcepten voor nieuwbouwwoningen' (Smoor en Van Voskuilen, 2025) benadrukken niet alleen slimme sturing, maar ook het beperken van de warmtevraag, het duurzaam invullen van de resterende warmtevraag, het lokaal en duurzaam opwekken van elektriciteit en het reserveren van ruimte voor opwek- en opslagvoorzieningen. Deze ontwerpprincipes zijn tot nu toe vrijblijvend en worden in enkele pilots en concrete toegepast. Netbeheerders en brancheorganisaties werken samen aan verdere uitwerking om te komen tot een standaard die genoeg zekerheid biedt voor nieuwe aansluitingen op het net.

Tegelijk is nog onduidelijk welke wijkconfiguraties precies welke netbelasting opleveren. Het energiesysteem in nieuwe wijken zal waarschijnlijk niet volledig autonoom functioneren ten opzichte van het centrale net. Howell et al. (2017) wijzen op het belang van een 'holonisch' systeem: een lokale energiehub combineert eigen opwek, opslag en sturing, maar blijft ook verbonden met andere hubs en met het centrale net. Daarmee kan een energiehub in een nieuwbouwwijk, gerealiseerd volgens netbewuste principes, in theorie extra efficiëntie en flexibiliteit bereiken door ook op bovenlokaal niveau vraag en aanbod slim af te stemmen.

2.2.2 Samenwerking en Governance aspecten

Hoewel governance en sturingsmechanismen uitgebreider aan bod komen in het volgende hoofdstuk, is het nuttig om hier de huidige stand van zaken rond energiegemeenschappen en pilotervaringen te schetsen. Het rapport De families van energiehub in Nederland (De Graaf et al., 2024) beschouwt 'organisatievorm', 'governance' en 'juridisch' als een onderling verbonden driehoek. Volgens het rapport begint governance bij consensus over het doel van de energiehub en de samenwerking: bijvoorbeeld het beperken van netcongestie op korte termijn versus het realiseren van klimaatneutraliteit op lange termijn. Vanuit die consensus kan vervolgens worden gekeken naar private sturing en eigenaarschap, vaak in de vorm van gedeeld of collectief eigendom. Het rapport benadrukt dat publieke sturing via wetgeving meestal pas volgt na kleinschalige pilots en initiatieven van onderop. Niet-ingevulde aanpassingen in wet- en regelgeving vormen daarbij nog een belangrijk knelpunt voor energiehub.

Elementen van collectief eigendom en beheer zijn herkenbaar in de praktijk van energiegemeenschappen en -coöperaties. Technisch gezien kan een energiegemeenschap worden gezien als een vorm van een micro-energiehub, al ligt de focus vaak uitsluitend op duurzaam opgewekte elektriciteit. Ook de motivatie verschilt: energiegemeenschappen ontstaan veelal vanuit de wens om onafhankelijk te worden van het reguliere net en energie eerlijk te kunnen delen. Toch zijn samenwerking en collectief beheer van energiebronnen juist belangrijk voor de doorontwikkeling van bredere energiehub-concepten. Dat benadrukt ook de Routekaart samenwerken in energiehub: de nulmeting (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat & Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2024c), die stelt dat ontwerpprincipes van energiegemeenschappen ook een basis kunnen bieden voor langdurige samenwerking in hubs.

Die ontwerpprincipes zijn al vrij expliciet geformuleerd, zie tabel 2.2. De Routekaart noemt een democratische bestuursstructuur waarin deelnemers kunnen meebeslissen, een gedeelde visie op samenwerking, evenwichtige afspraken over het inzetten en delen van middelen, en afspraken over monitoring en conflictbeheersing (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat & Rijksdienst voor

Ondernemend Nederland, 2024b). Deze principes worden ook in de wetenschappelijke literatuur over energiegemeenschappen benadrukt (Gjorgievski et al., 2021; López et al., 2024; Reis et al., 2021).

Opvallend is dat academische studies vooral ingaan op private sturing binnen energiegemeenschappen, terwijl publieke governance en samenwerking veel minder aandacht krijgen. Een verklaring daarvoor ligt mogelijk in het karakter van energiegemeenschappen zelf, die vaak vanuit eindgebruikers worden geïnitieerd en waarin eigenaarschap nadrukkelijk bij burgers en bedrijven ligt (López et al., 2024). Tegelijkertijd is het fenomeen nog relatief nieuw. Pas de laatste jaren groeit de aandacht van overheden, mede vanwege het potentieel om door vraag en aanbod lokaal te aggregeren bij te dragen aan het oplossen van netcongestie en het halen van klimaatdoelen.

Ontwerpprincipes energiegemeenschappen	
1.	Democratische bestuursstructuur waarin alle deelnemers kunnen meebeslissen in collectieve afspraken
2.	Een duidelijke visie op de samenwerking die helpt bij de invulling van welke activiteiten het collectief ontwikkelt
3.	Gebalanceerde afspraken over hoe bronnen, middelen en diensten worden ingezet en gedeeld
4.	Afspraken over monitoring en mogelijke sanctiëring bij conflicten

Tabel 2.2: Ontwerpprincipes energiegemeenschappen, overgenomen uit 'Routekaart samenwerken in energiehub: de nulmeting' (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat; RVO, 2024b)

2.2.3 Juridische en wetgevingsaspecten

De wetenschappelijke literatuur biedt vooralsnog weinig expliciete duiding over een juridisch kader voor energiehub, maar er zijn wel relevante inzichten uit studies naar energiegemeenschappen. López et al. (2024), Reis et al. (2021) en Reijnders et al. (2020) benadrukken het belang van een uitgewerkt wettelijk kader dat de organisatie en werking van energiegemeenschappen ondersteunt. Binnen de EU zijn met de herzieningen van de Renewable Energy Directive (RED II) en de Internal Electricity Market Directive (IEMD) stappen gezet om Renewable Energy Communities (REC's) en Citizen Energy Communities een formele juridische status te geven (Vernay et al., 2023). Daarmee is het onderling delen van energie binnen een gemeenschap erkend als een recht voor burgers.

De nationale implementatie daarvan loopt echter uiteen en is vaak nog niet volledig uitgewerkt. Gjorgievski et al. (2021) signaleren onder meer dat kleine actoren in het energiesysteem onvoldoende worden erkend en soms zelfs worden gediscrimineerd. López et al. (2024) wijzen op het belang van de aggregatierol van energiegemeenschappen, waarmee consumenten 'prosumers' worden die actief energie opwekken en delen. Tegelijk constateren ze dat er nog weinig regulering is rond de juridische entiteiten, rollen en bijvoorbeeld volumebeperkingen. Reis et al. (2021) benoemen daarnaast het ontbreken van duidelijke nationale kaders voor peer-to-peer handel en het delen van infrastructuur zoals aansluitingen (cable pooling). Reijnders et al. (2020) stellen specifiek dat in Nederland geen apart energietarief bestaat voor energiegemeenschappen en dat volledige afsluiting van het hoofdnet wettelijk niet mogelijk is, wat de mogelijkheden voor optimalisatie van lokale energieprofielen beperkt.

De nieuwe Nederlandse Energiewet (Energiewet, 2025), die per 1 juli 2025 gedeeltelijk is ingegaan, introduceert voor het eerst een definitie van energiegemeenschappen. Deze entiteit moet activiteiten op de energiemarkt verrichten ten behoeve van milieu- en maatschappelijke voordelen voor leden en de lokale omgeving, zonder winst oogmerk. Hoewel de wet voorwaarden schetst voor zeggenschap en

participatie, blijven veel details over taken, verantwoordelijkheden en schaalniveaus nog onbepaald. De eerder genoemde studies wijzen erop dat verdere juridische uitwerking op deze punten wenselijk lijkt om energiegemeenschappen (en indirect ook energiehub) beter te ondersteunen.

Het delen van energie is een bijzonder aandachtspunt. Onder de nieuwe Energiewet is dat momenteel enkel op een peer-to-peer basis toegestaan: via een commerciële tussenpersoon die het energieverbruik koppelt aan actieve producenten, zoals huishoudens met zonnepanelen (VNG, 2024). Direct lokaal delen van energie binnen een kwartier (opgewekte energie moet in nabijheid ook weer worden afgenomen) en met eigen prijsafspraken is nog niet toegestaan. De Europese Electricity Market Design (EMD) richtlijn, die op 1 juli 2024 in werking trad, verplicht echter tot een bredere toelating van direct energiedelen binnen twee jaar. Voorstanders beargumenteren dat dit lokale gelijktijdige consumptie van duurzaam opgewekte energie kan stimuleren en daarmee netcongestie kan beperken, terwijl het sociale voordelen (rechtsgelijkheid) biedt door bijvoorbeeld huurders en bewoners van appartementencomplexen beter te betrekken. Tegelijkertijd wijzen tegenstanders op de complexiteit en de noodzaak van een Energy Sharing Organisation (ESO) die kosten en netbalans beheert, wat weer kan leiden tot hogere kosten voor alle huishoudens.

Rapporten wijzen daarnaast op het ontbreken van standaardafspraken en -modellen voor samenwerking binnen energiehub. Zo pleit het rapport Slim met Stroom voor groene groei (Olde Agterhuis et al., 2024) voor modelcontracten met heldere afspraken over governance, regie, aansprakelijkheid en data-uitwisseling om energiehub op te kunnen schalen. Ook benadrukt het rapport het belang van een sterke 'regierol' voor een partij met voldoende bestuurlijke en financiële slagkracht, al is de ervaring tot nu toe vooral gebaseerd op bedrijfslocaties met een economisch motief. Voor woningniewbouwprojecten, waar toekomstige bewoners de belangrijkste maar vaak nog onbekende, kwetsbaardere gebruikers zijn, lijkt het relevant om bij het ontwikkelen van juridische en organisatorische spelregels ook expliciet sociaal-maatschappelijke aspecten te overwegen.

Tot slot zijn er in de praktijk nog concrete juridische en financiële drempels die de ontwikkeling van energiehub beperken. Zo wordt momenteel energiebelasting geheven op onderlinge levering binnen een hub, waardoor lokale uitwisseling van duurzaam opgewekte stroom financieel minder aantrekkelijk is en gelijkgeschakeld wordt met levering via een reguliere energieleverancier. Daarnaast ontbreken specifieke nettarieven voor lokale distributie binnen een hub; de bestaande kWh-tarieven zijn afgestemd op transport over het centrale net en houden geen rekening met kortere, lokale netwerken. Een belangrijk instrument in Nederland om transport over het net te beperken zijn de Groeps-Transport Overeenkomsten (GTO's), die collectieve afspraken tussen deelnemers en netbeheerder mogelijk maken en door netbeheerders als "gouden standaard" worden gezien (Ministerie Klimaat en Groene Groei, 2024). Hoewel een wetswijziging voorziet in het standaardiseren van GTO's in 2025, wordt ook benadrukt dat verdere doorontwikkeling nodig is om deze contractvorm breder toepasbaar te maken in de gebouwde omgeving en geschikt te maken voor kleinverbruikers (particuliere bewoners). Een rapport van CE Delft (Van Cappellen et al., 2024) wijst erop dat energiehub financieel aantrekkelijker moeten worden gemaakt om hun potentieel te realiseren, vooral in de context van woningniewbouw waar particuliere eindgebruikers doorgaans minder financiële ruimte hebben en gevoeliger zijn voor hoge energiekosten.

2.2.4 Sociale- en maatschappelijke aspecten

De maatschappelijke dimensie van energiehubs krijgt in de literatuur wel aandacht, maar blijft vaak nog fragmentarisch en onderontwikkeld. Sadeghi et al. (2019) wijzen op het belang van nieuwe wettelijke structuren voor een steeds decentraler energiesysteem, en benoemen 'social welfare' als een thema dat nog onvoldoende is uitgewerkt. Ze bespreken demand-response-strategieën die met financiële prikkels het verbruik buiten piekmomenten moeten verschuiven. Ze merken op dat de kosten voor slimme infrastructuur en controlesystemen die hiervoor nodig zijn, vaak bij consumenten terechtkomen, terwijl hierover nog veel onduidelijkheid bestaat.

Ook Milchram et al. (2018) verbreden dit thema met hun concept van energie-rechtvaardigheid in de context van smart grids. Ze onderscheiden **distributieve-** (eerlijke verdeling van kosten en baten), **procedurele-** (toegang tot besluitvorming) en **erkenningsrechtvaardigheid** (gelijke waardering van alle betrokkenen). Ze waarschuwen tegen het afdoen van bewoners als 'NIMBY' (Not-in-My-Backyard) tegenstanders zonder hun zorgen serieus te nemen. Hun voorzichtige conclusie is dat smart grids kunnen bijdragen aan meer rechtvaardigheid, mits gedragsverandering niet als vanzelfsprekend wordt verondersteld. Zo leidt feedback via slimme meters niet automatisch tot verbruiksaanpassing; veel hangt af van hoe de boodschap wordt 'geframed' en of financiële voordelen duidelijk worden gemaakt. Zo kan het bijvoorbeeld helpen om consumenten te laten zien wat ze mislopen in financiële zin door passief met hun energieconsumptie om te gaan. Wel moet worden opgemerkt dat de onderbouwing voor het oordeel van de onderzoekers grotendeels berust op geanalyseerde krantenartikelen. Voor een echt goed begrip van wat consumenten beweegt, hadden interviews met of workshops met specifieke groepen wellicht een meer gedetailleerd inzicht kunnen bieden.

In algemene zin is er een heersende perceptie dat door de inzet van slimme ICT de kosten en opbrengsten van smart grids eerlijker verdeeld worden, maar op hetzelfde moment kan slimme technologie ook privacy en informatieveiligheid van particulieren onder druk zetten. Rekening houden met cyber security en toegang tot specifieke data moeten daarom expliciet worden meegenomen in het ontwerp van smart grids en energiehubs. Hoewel de suggestie van het toezien op cyber-en toegangsaspecten relevant is, blijven concrete handreikingen hoe dit mee te nemen in het ontwerp nog achterwege. Tegelijkertijd geldt in de huidige Nederlandse situatie dat sturen op energieverbruik bij kleinverbruikers is voorbehouden aan energiebedrijven en niet aan netbeheerders. Het lijkt dus wenselijk om ook de incentives vanuit netbeheerders richting energiebedrijven verder te onderzoeken in de bredere context van het beheersen van netcongestie.

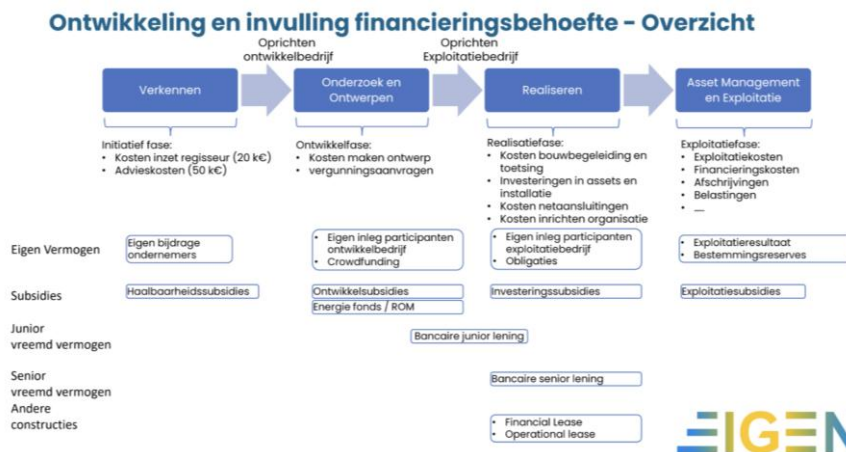
Le Dréau et al. (2023) wijzen op sociale barrières bij vraagzijde-sturing in gebouwclusters, een kernonderdeel van het energiehub concept. Hoewel dit piekbelasting van het elektriciteitsnet tot 30% kan verminderen, is de kennis over flexibilisering en de voordelen daarvan onder consumenten (particuliere bewoners) beperkt. Een gebrek aan kennis vermindert de bereidheid om te participeren in vraagzijde-sturing. Naast financiële prikkels spelen gebruiksgemak, milieu-impact en privacy een rol. Volgens hen kunnen lokale energiegemeenschappen hier een platform bieden voor dialoog en draagvlak, en door kritische massa hun onderhandelingspositie versterken.

De praktijk in Nederland laat zien dat energiegemeenschappen en energiehubs steeds meer naar elkaar toegroeien. Volgens Energie Samen (Zomer et al., 2024), de landelijke koepel- en belangenorganisatie van energiecoöperaties, wordt naast het delen van aansluitcapaciteit ook het direct delen van lokaal opgewekte energie belangrijker vanwege netcongestie en groeiende decentrale opwek. Von Wirth et al. (2017) laten zien dat sociale acceptatie van decentrale energiesystemen sterk samenhangt met lokale

betrokkenheid, bijvoorbeeld via participatie en eigenaarschap, en dat het vertrouwen groter is als gemeenten of lokale gemeenschappen de implementatie begeleiden. Energie Samen ziet de energiehub van de toekomst als een energiegemeenschap waarin bedrijven en bewoners samen het systeem beheren met gelijke zeggenschap. Maar of dat in elke situatie realistisch is, is de vraag. López et al. (2024) merken op dat particulieren vaak onvoldoende kennis hebben van energiesystemen en investeringen. Daarom blijven voorlopig top-down businessmodellen gangbaar, waarbij professionele partijen het eigenaarschap en investeringsrisico's dragen. Reis et al. (2021) wijzen op de noodzaak van nieuwe intermediaire actoren die kunnen optreden als schakel tussen consumenten, netbeheerders en de markt om ook kwetsbare groepen goed te bedienen.

2.2.5 Financiële aspecten

De financiële aspecten van energiehub kunnen grofweg in twee invalshoeken worden verdeeld: i) de financieringsmogelijkheden en ii) de bijdragen, kosten en vergoedingen binnen de hub. Deze hangen sterk samen met de organisatievorm, die op zijn beurt weer bepaalt welke financieringsmogelijkheden beschikbaar zijn. Het EIGEN-consortium (een samenwerking tussen 16 partijen die zich bezighoudt met systeemoplossingen voor de inpassing van grootschalige hernieuwbare opwek op bedrijventerreinen) laat in de tool 'Het financieren van de realisatie van Energiehubs' (EIGEN, 2025) zien dat de financieringsbehoefte per ontwikkelfase verandert. In figuur 2.3 worden per fase mogelijke geldstromen inzichtelijk gemaakt. In de 'Blauwdruk voor het realiseren van energiehubs' (EIGEN, 2023) worden enkele kritische succesfactoren benoemd: alle partijen moeten voldoende financiële prikkels hebben om deel te nemen, er moet flexibiliteit zijn om onder voorwaarden te kunnen uittreden (zodat andere partijen investeringen kunnen overnemen), en standaardisatie in technische oplossingen is wenselijk om interoperabiliteit te vergroten en investeringsrisico's te beperken.



Figuur 2.2: Fasering energiehubs en financieringsbehoefte, gebaseerd op EIGEN (Het EIGEN-consortium is een samenwerking tussen 16 partijen die zich bezighoudt met systeemoplossingen, gerelateerd aan de (inpassing van) grootschalige hernieuwbare opwek van elektriciteit op bedrijventerreinen)

De beschikbaarheid van financiering wordt daarnaast beïnvloed door juridische en fiscale kaders die, zoals besproken in paragraaf 2.2.3, nog in ontwikkeling zijn. Een belangrijk knelpunt is de dubbele energiebelasting (EIGEN, 2023): wie elektriciteit van het net haalt, opslaat en later teruglevert, betaalt tweemaal belasting. Dit vormt een negatieve prikkel voor kleinverbruikers (bijvoorbeeld woningbezitters met thuisbatterijen) om op te slaan, hoewel opslag het net kan ontlasten. Zolang de huidige salderingsregeling geldt, is opslag financieel nog weinig aantrekkelijk; na afschaffing in 2027

wordt opslag belangrijker, maar door de dubbele belasting blijft de prikkel negatief. Voor grootverbruikers (bedrijven) werd deze dubbele heffing in 2022 al afgeschaft.

Het aantrekken van vreemd vermogen en leaseconstructies, vaak via banken, vraagt om robuuste juridische en fiscale kaders. Banken beoordelen kredietaanvragen op verwachte kasstromen, die kunnen voortkomen uit batterijopslag, handel in elektriciteit of servicevergoedingen. Dit is complex vanwege aannames over infrastructuurafschrijving, prijsvorming in de elektriciteitsmarkt en toekomstige vraag en aanbod. Voor een beter begrip van bijdragen en vergoedingen is het nuttig om te kijken naar businessmodellen. De literatuur over energiehubs is hier nog beperkt, maar Reis et al. (2021) onderscheiden voor energiegemeenschappen acht archetypen. De belangrijkste factor daarbij is of eindgebruikers zelf substantieel investeren ('prosumer'-model) of dat een derde partij eigenaar en risicodragend is ('third party'-model). In de woningniewbouwcontext lijkt een 'prosumer'-model minder waarschijnlijk: bewoners zijn meestal nog niet in beeld tijdens de planvorming en de drijvende factor is netcongestie, wat collectieve infrastructuur vereist. Een third-party-aanpak ligt daarom voor de hand. Daarin moeten de kosten voor rente, afschrijving en exploitatie worden terugverdiend via periodieke of transactie gebaseerde inkomsten, zoals lokale distributievergoedingen of handel in overschotten.

Het is verleidelijk vanuit confirmation bias om de inzichten over energiegemeenschappen rechtstreeks toe te passen op energiehubs. Bijvoorbeeld: als er voldoende middelen zijn bij een collectief eindgebruikers, lijkt een 'prosumer'-model voor de hand te liggen. Maar de motivatie van energiegemeenschappen komt primair voort uit een wens tot autonomie en eerlijke prijzen. Energiehubs in woningniewbouw ontstaan daarentegen vooral vanwege netcongestie en vereisen samenwerking over transportcapaciteit. Daarbij zijn de eindgebruikers in de planfase vaak nog niet in beeld. Dit maakt het aannemelijker dat een energiehubs in eerste instantie is gebaseerd op een 'third-party'-model, waarbij een externe partij investeert, risico draagt en inkomsten genereert uit periodieke of transactie gebaseerde vergoedingen zoals lokale distributie of handel in overschotten. Het belang van winstgevendheid en economische voordelen voor aandeelhouders speelt daarin een duidelijke rol. Ten slotte kunnen deze inkomsten niet los worden gezien van de bredere tarifaire ontwikkelingen. Berenschot (Bianchi et al., 2024) signaleert in 'Verkenning alternatief nettatarief kleinverbruik' dat prijsprikkels kunnen helpen om flexibiliteit bij kleinverbruikers te stimuleren. Tegelijkertijd waarschuwt de Autoriteit Consument & Markt (2024) dat de netkosten in 2030 flink hoger zullen liggen door investeringen in netinfrastructuur. Dit betekent dat huishoudens een hogere energierekening tegemoet kunnen zien, wat ook de financiële ruimte beperkt om bij te dragen aan een energiehubs.

2.3 Verrijking definitie van een energiehubs

In dit hoofdstuk zijn energiegemeenschappen veelvuldig aangehaald. Bij energiegemeenschappen lijkt het primair te gaan om het gezamenlijk exploiteren van decentrale energie assets (wind, zon), het delen van energie en autonomie. Bestaande energiehubs richten zich in de Nederlandse context met name op bedrijventerreinen, waarbij de leveringszekerheid van elektriciteit en het zo efficiënt mogelijk balanceren van vraag en aanbod centraal staan. De energiehubs lijkt naast een technisch concept in de vorm van een in hoge mate gedigitaliseerd lokaal energiesysteem ook een organisatievorm waarin verschillende stakeholders samenwerken.

2.3.1 Verdere afbakening van de definitie van een energiehubs

EIGEN (2023) benoemt een aantal kritieke succesfactoren voor energiehubs op bedrijventerreinen. Als we deze combineren met de beschreven aspecten in dit hoofdstuk, dan komen we tot het onderstaande overzicht in tabel 2.3 met ingrediënten of aandachtspunten voor energiehubs in de context van woningniewbouw. Dit niet-limitatieve overzicht is geen afvinklijst, maar kan een

hulpmiddel zijn bij het in kaart brengen van de lange termijn levensvatbaarheid van een op te richten energiehub waarbij particuliere eindgebruikers een belangrijke actor zijn.

Succesfactoren Aspecten	Technische aspecten	Samenwerking & Governance aspecten	Juridische-en wetgevingsaspecten	Sociale & Maatschappelijke aspecten	Financiële aspecten
Timing & Momentum	Economische ontwikkelingen die beschikbaarheid en betaalbaarheid technologie helpen	Al aanwezige organisatiegraad en mate van samenwerking tussen stakeholders in een gebied	Gevoelde urgentie om (via bouwbesluit) te sturen op netbewust bouwen, voorafgaand aan sturing op flexibel energiegebruik	Gedeelde perceptie verschillende stakeholders van urgentie van congestie	Investeringsbereidheid van derden (serviceproviders), gepercipieerde marktkansen
Geldige businesscase	Mate waarin sprake is van bewezen technologie waardoor onzekerheden kunnen worden weggenomen	Door zaken collectief op te pakken ontstaat voor iedere stakeholder meerwaarde of is continuïteit gewaarborgd	Faciliterende wet- en regelgeving (energie-en omgevingswet) moet positie stakeholders ondersteunen en ruimtelijke inpasbaarheid garanderen, hen in staat stellen zich contractueel te verbinden	Meerwaarde voor eindgebruikers en stevige basis voor rechtvaardige verdeling kosten (eindgebruikers)	Financiële prikkels bij zowel investeerders in ontwikkeling -en realisatiefase van energiehub als bewoners t.a.v. netbelasting
Flexibiliteit van oplossing	Door hoge mate van standaardisering van communicatieprotocollen wordt de afhankelijkheid van specifieke technologische leveranciers vermindert	Duidelijke afspraken over taken, verantwoordelijkheden en toetreding en uittreding uit energiehub	Mate waarin initiatief en eigenaarschap en exploitatie bij particuliere eindgebruikers ligt	Mate waarin er rechtvaardige (financiële) drempels zijn voor particuliere eindgebruikers	Financiële risico's moeten voor deelnemers energiehub te begrijpen zijn en in te schatten zijn
Robuustheid oplossing	Mate van slimme aanstuurbaarheid van energiehub onderdelen om flexibele op gewijzigde vraag – aanbodverhouding in te spelen	Borging van leveringszekerheid van energie en energiediensten bij uitstap participanten	Contracten die ervoor zorgen dat er tijd is voor alternatieve maatregelen bij uitstap participanten	Mate waarin eindgebruikers (particulieren) belang binnen energiehub wordt erkend door netbeheerders	Lengte en rechtszekerheid van contracten als borging voor kasstromen (inkomsten) uit geleverde diensten
Financiële zekerheid	Technische mogelijkheden en digitalisering moeten verrekening tussen deelnemers energiehub faciliteren	Mate waarin er voorzien is in 'achtervang' constructies wanneer participanten in energiehub uittreden	Juridische afbakening van energiehub in wetgeving, waardoor financierbaarheid (van assets) toeneemt	Inzicht in effectiviteit van vraagzijdige sturing en gewenste gedragsverandering in energieverbruik bij eindverbruikers	De mate waarin er sprake is van een gunstig investeringsklimaat gelet op o.a. fiscale regelingen
Toekomstbestendig / duurzaam	De technologische infrastructuur en apparatuur van energiehub draagt op de langere termijn bij aan een klimaat neutraler energiesysteem	Mate waarin de gekozen organisatievorm gedeeld eigenaarschap en collectiviteit stimuleert en ook langdurig ruimte garandeert voor de exploitatie van energie infra	Mate waarin energiehub wettelijk worden erkend als zelfstandig, maar verbonden onderdeel van het toekomstige, decentrale energiesysteem	De belangen van mens, natuur en milieubelangen zijn afgewogen en langjarig geborgd in contracten of toezeggingen	Het businessmodel of verdienmodel van betrokken actoren leidt niet tot schade aan mens, natuur of milieu
Eenvoud	Techniek van apparatuur en koppelingen is 'ingewikkeld', maar kan eenvoudig worden aangestuurd door energiemanagementsysteem	Contracten zijn bij voorkeur overzichtelijk, transparant en niet te complex	Heldere wettelijke status van energiehub als opmaat voor taken, verantwoordelijkheden en rechtszekerheid en vertrouwen	Complexiteit van techniek en regelsystemen vormt geen belemmering voor deelnemers energiehub, simpele interface	De financiële risico's zijn overzichtelijk en goed in te schatten voor participanten in een energiehub. Ook liggen de risico's bij die partijen die ze het beste kunnen mitigeren
Technisch haalbaar & standaardisatie	Bewezen technologie en gestandaardiseerd communicatieprotocol voor slimme (collectieve) aansturing van individuele apparaten	Mate waarin er afhankelijkheden van specifieke leveranciers en dienstverleners kan worden verkleind door standaardisatie	Ontwikkeling van gedragscode of standaard voor borging privacyaspecten uitwisseling persoonsgegevens	Heldere communicatie over het 'waarom' en de voordelen van slim aanstuurbare apparatuur	De mate waarin kosten in de exploitatiefase kunnen worden verlaagd door verdere standaardisatie

Tabel 2.3: Ingrediënten voor Energiehubs in de woningnieuwbouw, deels gebaseerd op EIGEN (2024).

In het begin van dit hoofdstuk (paragraaf 2.1.5) hebben we de definitie van een energiehub afgebakend en we voegen nu een vijfde element toe op basis van tabel 2.1, namelijk het businessconcept:

- Het is een decentraal multi- energiesysteem waar (duurzame) energieopwekking, opslag, conversie en energieconsumptie plaatsvindt
- De schaal is een gebouw of gebied en de hub staat in verbinding met de bovenliggende

- (centrale) elektriciteit-, warmte- en gasnetwerken of een deel daarvan
- Binnen de energiehubs wordt zoveel mogelijk vraag en aanbod van verschillende energiedragers geoptimaliseerd en op elkaar afgestemd door lokale productie, consumptie, opslag en conversie flexibel in te zetten
 - Om flexibilisering en optimalisatie mogelijk te maken is slimme aansturing en digitalisering nodig, bijvoorbeeld door middel van een energiemanagementsysteem (EMS)
 - Er is een business concept voor ogen dat beschrijft wat een energiehubs doet en door wie (levering diensten en output), welke problemen of uitdagingen het oplost, welke waarde(n) deze toevoegt en voor wie.

2.3.2 Business concept vs. Businessmodel

We gebruiken bewust het begrip 'business concept' en niet 'businessmodel'. Sepponen en Heimonen (2016) houden dit onderscheid ook aan in hun paper waarin ze verschillende opties beschrijven met op hoofdlijnen de ingrediënten en de benodigde interacties tussen de belangrijkste stakeholders van energiehubs. Alhoewel ze uitgaan van een algemeen doel van het bevorderen van het maximale gebruik van hernieuwbare energie, lijkt deze 'business concept' aanpak ook bruikbaar bij de ambitie om netcongestie te voorkomen. Waar een business concept het beknopte en strategische basisidee achter een energiehubs beschrijft, gaat een businessmodel verder. Deze beschrijft specifiek op welke wijze er waarde, omzet en inkomsten worden gecreëerd. Ook een gedetailleerde werking van de energiehubs met inzicht in de kostenstructuur wordt inzichtelijk. Een businessmodel is dus de operationele en financiële uitwerking van een concept met processen die daarvoor nodig zijn. Alleen al gelet op de grote verscheidenheid aan locaties waar een voornemen is voor een energiehubs en de daarbij beschikbare energiedragers (elektriciteit, aardgas, waterstof, warmtebuffers, biogas), zal het voorgenomen businessmodel altijd context specifiek moeten worden uitgewerkt.

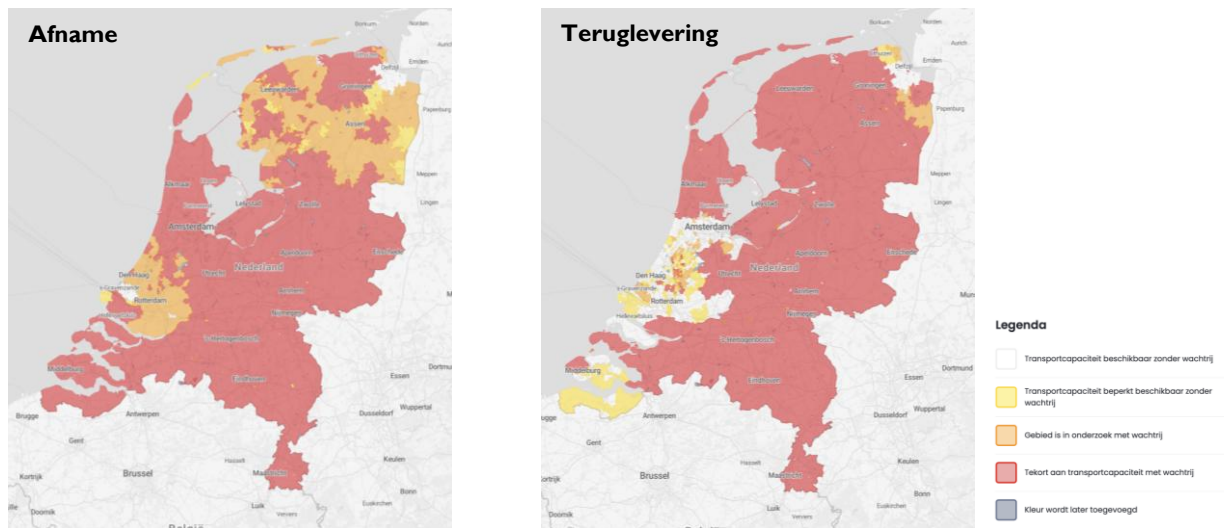
2.4 Potentie van energiehubs in de woningnieuwbouw

2.4.1 Energiehubs als oplossing voor netcongestie in de woningnieuwbouw

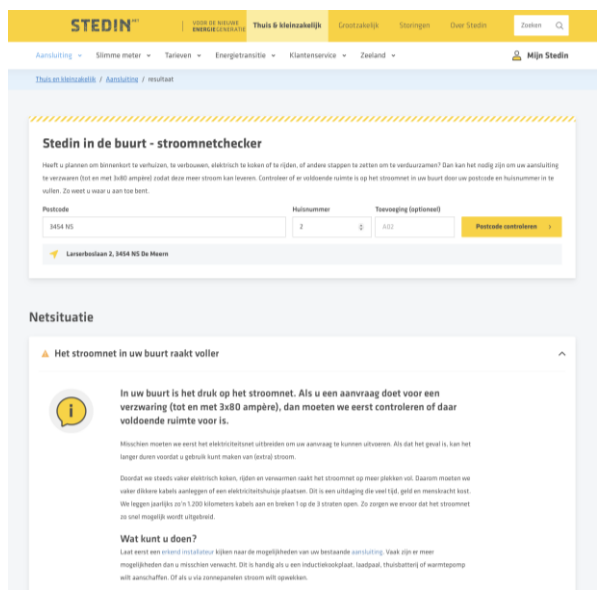
De problematiek van netcongestie speelt niet alleen op bedrijventerreinen, maar wordt ook steeds urgenter bij gebiedsontwikkeling en woningnieuwbouw. Provincies als Flevoland, Gelderland en Utrecht (FGU) kampen met ernstige capaciteitsproblemen op zowel midden- als laagspanningsnetten (Ministerie van Economische Zaken & Klimaat, 2024c). Capaciteitskaarten van netbeheerders (figuur 2.4) en tools zoals de stroomnetchecker van Stedin (figuur 2.4) illustreren de schaarste: op piekmomenten dreigt het net overbelast te raken door groeiende vraag en decentrale teruglevering. Bovendien maken netbeheerders en overheden zich zorgen over het zogeheten 'maakbaarheidsgat' (Van Mierlo, 2024): ongeveer 25% van geplande netinvesteringen kan tot 2030 niet worden uitgevoerd door gebrek aan materialen, personeel en geschikte locaties voor infrastructuur zoals transformatorhuisjes (Stadszaken, 2024). Ingewikkelde vergunningsprocedures en participatietrajecten maken het extra complex. Gegeven deze beperkingen is het niet realistisch te verwachten dat netcongestie binnen tien jaar volledig kan worden opgelost via netuitbreiding alleen. Daarom wordt gezocht naar manieren om de bestaande netcapaciteit slimmer te benutten en pieken te reduceren.

Energiehubs bieden hier een mogelijke oplossingsrichting. Het principe is vraag en aanbod lokaal beter op elkaar af te stemmen, pieken af te vlakken en zo de noodzaak voor directe netverzwaring te beperken. Ze combineren lokale opwek, opslag en slimme sturing om flexibele capaciteit te creëren. Dit kan netbeheerders helpen om meer aansluitingen toe te staan binnen bestaande netgrenzen. In projecten als de Merwedekanaalzone in Utrecht is gekozen voor een collectieve aanpak met een

Groeps Transport Overeenkomst (GTO). Hier wordt bijvoorbeeld een 5.000 m³ warmtebuffer gerealiseerd om piekvraag naar elektriciteit op te vangen (Eneco, 2024). Dit illustreert hoe collectieve voorzieningen helpen om de netbelasting te beperken. Doordat er al een fundament voor samenwerking lag vanuit het eigenarencollectief Merwede, was het toewerken naar deze collectieve oplossing een logische.



Figuur 2.3: Gecombineerde netcapaciteitskaarten voor het hoog, midden- en laagspanningsnet. Overgenomen van Netbeheer Nederland, stand 22 april 2025.



Figuur 2.4: Stroomnetchecker Stedin. Overgenomen van <https://web.stedin.net/aansluiting/stroomnetchecker>, 22 april 2025.

2.4.2 Energiehubs als coördinerend mechanisme

De Pascali en Bagaini (2018) constateren op basis van een uitgebreide internationale literatuurstudie, dat een stevig geïntegreerde benadering van energieplanning en ruimtelijke ordening bepalend is voor het realiseren van een duurzame energietransitie op lokaal niveau. Energiehubs passen als praktische toepassing in de concepten die De Pascali en Bagaini beschrijven, want ze steken in op het optimaal benutten van de fysieke ruimte en integreren de energievoorziening in de gebouwde omgeving. Ook opereren energiehubs op het snijvlak van ontwikkelaars, gemeenten, netbeheerders, energiebedrijven

en bewoners(kleinverbruikers), wat vraagt om collectiviteit en een sterke bestuurlijke coördinatie en gebruikmaking van slimme digitale tools. Met de integratie van energieplanning en ruimtelijke ordening door middel van een energiehubs lijken er ook financiële voordelen te liggen: investeringskosten en operationele kosten kunnen lager uitvallen en kunnen gezamenlijk worden genomen. Dit volgt onder andere uit het onderzoek van Mohammadi et al. (2017) op basis van de analyse van diverse conceptuele en wiskundige modellen.

Energiehubs lijken kansrijk te zijn voor verdere lokale coördinatie rondom het netcongestievraagstuk, ondanks potentiële uitdagingen en belemmeringen. Denk bijvoorbeeld aan de ruimtelijke inpassing van buffers, opslag of conversie-installaties die weerstand kan oproepen of vergunningstrajecten kan vertragen. De noodzaak van collectieve organisatie en bestuurlijke coördinatie wijst in de richting van de noodzaak tot sterke samenwerking en governance. Zonder een gezamenlijk gedragen visie of eigenaarscollectief, zoals in Merwedekanaalzone, wordt het lastig om zo'n oplossing te realiseren.

Al met al lijkt de inzet op energiehubs in de woningnieuwbouw een pragmatische, maar nog geen standaardconcept te zijn om netcongestie te voorkomen en de achterblijvende realisatie van de uitbreiding van het energienet te compenseren. Zowel in lokale initiatieven zoals Merwedekanaalzone in Utrecht als in de Regionale Energiestrategieën (RES'en) zien we een basisgedachte terug die aansluit bij het concept van energiehubs. Ze gaan immers niet alleen over de (grootschalige) opwek van duurzame elektriciteit en de ruimtelijke inpassing daarvan, maar bevatten ook een aanpak waarin bronnen, vraag en infrastructuur voor warmte op elkaar worden afgestemd. Die integrale, gebiedsgerichte benadering legt in feite het fundament voor het denken over lokale energiehubs die vraag en aanbod van verschillende energiedragers beter op elkaar afstemmen en zo bijdragen aan het verminderen van netcongestie. Het principe van een energiehubs komt impliciet of expliciet terug, maar het is meestal nog niet een volledig uitgewerkt, operationeel concept wat coördinerend kan werken. Het zit eerder in de onderliggende logica van lokaal balanceren, koppelen van vraag en aanbod en ruimtelijke inpassing van energie-infra.

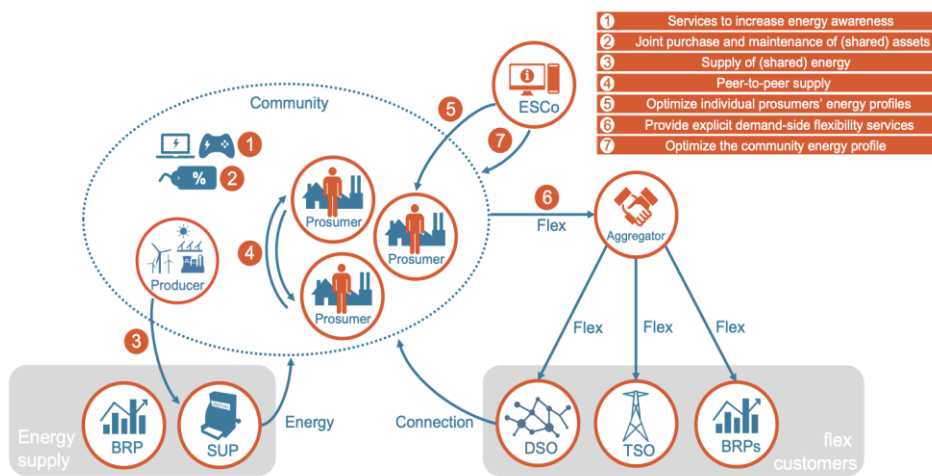
2.5 Condities en belemmeringen rondom Energiehubs

2.5.1 Samenwerking als randvoorwaarde en complexiteit bij de aanpak van netcongestie

Samenwerking of een bepaalde mate van een collectieve aanpak lijken randvoorwaardelijk te zijn bij het voorkomen van netcongestie, ook wanneer er geen sprake is van een zuivere energiehubs volgens de in dit hoofdstuk geformuleerde definitie. Zowel in de literatuur over energiehubs als energiegemeenschappen staat samenwerken centraal. Ten opzichte van de vele energiehubs initiatieven die er al zijn rondom bedrijventerreinen in Nederland, staan energiehubs in de woningnieuwbouw nog in de kinderschoenen. In de context van woningnieuwbouw komt er in de realisatie- en exploitatiefase van een energiehubs een belangrijke, maar ook complexe actor bij, namelijk de toekomstige bewoner en eindgebruiker. Deze is bij aanvang van een nieuwbouwproject en in de ontwikkelingsfase nog grotendeels onbekend. De rekensom van de toekomstige verbruiksprofielen en het geïnstalleerde opwekvermogen van bewoners bepaalt uiteindelijk wel voor een belangrijk deel het energieprofiel in de wijk. Het is echter lastig afstemmen, communiceren en handelen met een nog onbekende actor. Om als 'prosumer' een meer gelijkwaardige positie te krijgen ten opzichte van de andere belanghebbenden in een lokaal energievraagstuk, is het voorstelbaar dat energiehubs en energiegemeenschappen meer naar elkaar toe bewegen.

Een energiegemeenschap zorgt immers voor aggregatievermogen, waardoor het mogelijk wordt om op wijkniveau vraag naar en aanbod van (duurzame) energie te bundelen en daarmee te delen, te handelen en flexibiliteitsdiensten aan te bieden. Reijnders et al. (2020) gaan uitgebreid in op 7 waardeproposities die ontstaan op basis van aggregatie of het nemen van een leveranciersrol (prosumer). Ze merken

daarbij op dat de rol van aggregator ten behoeve van flexibiliteitsdiensten komt met verantwoordelijkheden en risico's voor de energiegemeenschap, waarmee voldoende schaal ten opzichte van traditionele actoren (netbeheerders) noodzakelijk is. Bij flexibiliteitsdiensten valt te denken aan het aanbieden van congestie beperkende maatregelen via zogenaamde congestie serviceproviders. Dit kan bijvoorbeeld in de vorm van het verminderen van vraag naar of aanbod van elektriciteit op piekmomenten tegen een vergoeding. Zoals eerder aangehaald wordt in de nieuwe Energiewet die op 1 januari 2026 in werking treedt (Energiewet, 2025) nu voor het eerst de rol van energiegemeenschappen expliciet beschreven. Er is echter nog niet beschreven hoe ze kunnen handelen en optreden in de energiemarkt. Waar ervoor bedrijven en daaraan gelieerde energiehub's al mogelijkheden zijn om een GTO of CBC (Capaciteitsbeperkend Contract) aan te gaan met congestie serviceproviders en netbeheerders, is dat voor energiegemeenschappen nog onduidelijk en moet dit nog verder worden uitgewerkt.



Figuur 2.5: Zeven waarde proposities voor burgerenergiegemeenschappen. Gebaseerd op Reijnders et al. (2020), bron: USEF Foundation

Als reactie op de uitdagingen in de energievoorziening, schetst Local4Local in samenwerking met Energie Samen (Zomer et al., 2024) dat energiegemeenschappen de energiehub's van de toekomst worden. Energiehub's en energiegemeenschappen groeien volgens hen steeds meer naar elkaar toe, waarbij energiegemeenschappen de beheerders worden van de slimme energiesystemen voor particulieren en bedrijven op lokaal niveau waarbij alle leden gelijke zeggenschap hebben. Op dit moment is het echter zo dat volgens de nieuwe Energiewet, en de daarin opgenomen definitie van energiegemeenschappen, de zeggenschap ligt bij natuurlijke personen, micro-ondernemingen, kleine ondernemingen, gemeenten, waterschappen of provincies. Volgens de Europese richtlijn waar Nederland momenteel van afwijkt, de Electricity Market Design richtlijn (Europees Parlement & Raad van de Europese Unie, 2024) die vanaf januari 2025 ook voor Nederland geldt, kunnen alleen huishoudens en kleine ondernemingen zeggenschap krijgen. Grote ondernemingen mogen alleen lid worden zonder zeggenschap. De klaarblijkelijke terughoudendheid ten aanzien van grotere ondernemingen zou een reden kunnen zijn waardoor er toch een splitsing blijft tussen energiehub's en energiegemeenschappen. Met de toenemende kosten om binnen het toekomstige energiesysteem netcongestie te lijf te gaan, zijn er immers vele schouders nodig om de investeringen hiervoor te dragen. Voor grotere marktpartijen die meer financiële draagkracht hebben, is het uitzicht op beperkte zeggenschap mogelijk niet aantrekkelijk. Daarbij gaat de in de Energiewet opgenomen definitie van een energiegemeenschap uit van een entiteit zonder winstoogmerk, zolang de economische voordelen maar terugvloeien naar de leden. Ook daar kan een belemmering liggen voor (grotere) marktpartijen. Hoewel het voorstelbaar is dat energiegemeenschappen en energiehub's op termijn meer naar elkaar

toe groeien, lijkt het aannemelijk om te veronderstellen dat deze voorlopig nog naast elkaar blijven bestaan.

2.5.2 Voordelen en nadelen van energiehubs

In dit hoofdstuk zijn veel verschillende aspecten rondom energiehubs beschreven hierlangs zijn ook verschillende voordelen, nadelen en belemmeringen naar voren gekomen. Vanuit de literatuur, zowel wetenschappelijk als niet-wetenschappelijk, zijn we niet alleen gekomen tot een definitie van energiehubs en kenmerkende aspecten, maar ook tot een identificatie van succesfactoren. Dit alles helpt bij de afbakening van het speelveld waarin een energiehubs tot stand kan komen en de mate waarin deze kan bijdragen aan het verminderen of voorkomen van netcongestie.

Sadeghi et al. (2019) hebben een uitgebreide literatuurstudie gedaan naar het concept energiehubs waarbij deze als oplossing worden ingezet voor een meer duurzame en efficiënte exploitatie of uitbreiding van het bestaande energiesysteem. Hun conclusie over de voordelen van energiehubs verwoorden de punten die in meerdere research papers terugkomen. Zo neemt, bij een energiehubs waar sprake is van verschillende energiedragers, de betrouwbaarheid van het totale energiesysteem toe. Op het moment dat er geen gebruik gemaakt kan worden van elektrisch opgewekt vermogen, dan is er mogelijk wel gas of bodemwarmte beschikbaar. Ook verbetert de flexibiliteit van het energiesysteem, omdat er vanuit de energiehubs gedachte sprake is van een meerdere decentrale energie opwek- en opslagbronnen. Ten slotte neemt ook de efficiency van het energiesysteem toe, omdat er op elk moment afwegingen worden gemaakt of er energie moet worden opgewekt, opgeslagen of geconverteerd moet worden naar een andere vorm. Die efficiency vertaalt zich ook door naar economische afwegingen (kosten gerelateerd aan gebruik energiebronnen) en milieu impact afwegingen (schadelijke emissies), zoals Geidl et al. (2006) al signaleerden.

Bij de voordelen van een energiehubs zijn ook nadelen te benoemen. Le Dréau et al. (2023) gaan in hun paper niet specifiek in op energiehubs, maar benoemen wel veel elementen in relatie tot het creëren van energie flexibiliteit in clusters van gebouwen, die we kunnen herkennen als onderdelen van een hub. Wanneer bijvoorbeeld het aandeel kleinschalige opwek-en opslagbronnen toeneemt, dan wordt afstemming met behulp van slimme technologie belangrijker. Gebouwen, woningen en apparatuur moeten 'slim' worden, om te kunnen worden aangestuurd. Hieraan zijn aanzienlijke kosten verbonden en deze moeten wel kunnen worden gedragen door huishoudens en bewoners. In het verlengde van een meer stevige inzet van technologie en energiemanagementsystemen, spelen ook toenemende cyberrisico's een rol, zoals het verlies van persoonlijke data en de aansturing van systemen, mogelijk resulterend in financiële schade.

Zowel Le Dréau et al. (2023) en Von Wirth et al. (2018) benoemen specifiek dat consumenten lang niet altijd de energieflexibiliteit en energie-efficiency opties begrijpen, die door inzet van slimme technologie kunnen worden bereikt. Dit lijkt te leiden tot zeer uiteenlopende reacties van bewoners (consumenten) op vraagzijdesturing met behulp van incentives (Le Dréau et al., 2023). De traditionele spelers in de energiewereld zoals energiebedrijven en netbeheerders lijken van oudsher vanuit een 'gecentraliseerd energieregime' te opereren en dat draagt bij aan een sterke focus op technische- en financiële haalbaarheid van decentrale energiesystemen zoals energiehubs. Er is meer inzicht nodig om te begrijpen hoe sociale acceptatie van energiehubs kan worden verhoogd, bijvoorbeeld door opties voor mede-eigenaarschap te onderzoeken en de creatie van voordelen voor lokale bewoners (Von Wirth et al., 2018).

2.5.3 Belemmeringen bij het operationaliseren van energiehubs

Hoewel de voordelen en nadelen van energiehubs uitgebreid zijn beschreven, blijven er duidelijke belemmeringen bestaan. Le Dréau et al. (2023), Hargroves et al. (2023), Sadeghi et al. (2019), Reis et al. (2021), Maroufmashat et al. (2015) en Sepponen en Heimonen (2016) bieden een nuttig kader waarin vier categorieën opvallen: economisch, technisch, wetgeving en beleid, en sociaal-maatschappelijk. Deze indeling, samengevat in tabel 2.4, is gebaseerd op casuïstiek in uiteenlopende contexten maar blijkt breed toepasbaar.

Naast deze generieke belemmeringen zijn er ook specifiek Europese en Nederlandse factoren. Zo zorgt trage implementatie van EU-beleid voor een rem op aanpassing van het netbeheer. Gebrek aan coördinatie tussen lokale overheden, netbeheerders en marktpartijen vertraagt verdere ontwikkeling. In Nederland ontbreekt bovendien een juridisch kader voor energiehubs, terwijl publieke en private partijen meer aandacht zouden kunnen geven aan het delen van energieflexibiliteit als alternatief voor netverzwaring.

Type belemmering	Overeenkomst tussen genoemde papers
Economisch	Er is consensus dat economische onzekerheden de bereidheid door private partijen om te investeren afremmen. Dit lijkt de opschaling van energiehubs af te remmen. Het gaat dan bijvoorbeeld om fluctuerende energieprijzen, onduidelijke terugverdiertijden en subsidie-onduidelijkheid. Bij Maroufmashat ligt hierop nadruk bij de optimalisatie van economische én emissiedoelen.
Technisch	De papers noemen het gebrek aan standaardisatie, interoperabiliteit (tussen opwek-, opslag-, verbruik- en netbeheer systemen) en mechanismen/systemen voor flexibiliteit. Specifiek Maroufmashat et al. benoemen hoe multi-energie-optimalisatie met behulp van verschillende energiedragers (bijv. warmte, elektriciteit en gas) complex is zonder geïntegreerde sturing. Dit kan zowel de betrouwbaarheid als schaalbaarheid van energiehubs belemmeren.
Wetgeving & beleid	Nagenoeg alle papers wijzen op het ontbreken van duidelijke wet- en regelgeving rondom decentrale energiesystemen. De bestaande regelgeving is vaak niet ontworpen voor multi-energie-optimalisatie of decentrale verantwoordelijkheid. Als gevolg daarvan zijn bestaande energie-infrastructuren nog niet geschikt voor aansluiting van lokale energieoplossingen.
Sociaal – maatschappelijk	Papers over energiegemeenschappen (Reis, Le Dréau, Hargroves) en ook Sadeghi benoemen het gebrek aan sociale acceptatie van nieuwe oplossingen, onvoldoende betrokkenheid en ontbrekende kennis en vaardigheden als struikelblokken. Maroufmashat behandelt dit minder expliciet, maar impliciet is samenwerking tussen actoren essentieel voor het door hen beschreven systeemmodel.

Tabel 2.4: Vier categorieën voor belemmeringen. Gebaseerd op Le Dréau et al. (2023), Hargroves et al. (2023), Sadeghi et al. (2019), Reis et al. (2021), Maroufmashat et al. (2015) en Sepponen en Heimonen (2016)

Een onderbelicht aspect in de wetenschappelijke literatuur is het ruimtelijke vraagstuk. Hoewel Sepponen en Heimonen (2016) wijzen op het ontbreken van energieplanning in ruimtelijke ordening, ontbreekt expliciete aandacht voor het ruimtebeslag van energie-infrastructuur. Toch is dit in Nederland, gezien de dichtheid van bebouwing, een belangrijke factor. Het rapport *De families van Energy Hubs in Nederland* (De Graaf et al., 2024) benoemt dit expliciet in zijn beleidsaanbevelingen. Ook de *Handreiking Netbewuste Gebiedsontwikkeling* (Friele et al., 2025) biedt oplossingen met expliciete aandacht voor impact op openbare ruimte en ondergrond. De *Handreiking Ruimtelijke Inpassing van energie-infra* (VNG, 2023) biedt gemeenten sturingsinstrumenten voor samenwerking met netbeheerders en ontwikkelaars.

Ten slotte verdient de rol van gevestigde partijen ('incumbents') aandacht. Brisbois (2019) benadrukt dat deze partijen, met hun infrastructuur, expertise en politieke invloed, zowel een remmende als een mogelijk stimulerende rol kunnen spelen. Investerings in bestaande centrale infrastructuur en regelgeving kunnen weerstand oproepen tegen decentrale oplossingen. Tegelijkertijd kunnen deze incumbents juist bijdragen aan opschaling via samenwerking met gemeenten, nieuwe contractvormen en investeringen. In de volgende hoofdstukken onderzoeken we hoe hun rol, gezien vanuit Strategic Niche Management en het Multi-Level Perspective, kansen kan bieden voor het realiseren van energiehubs.

2.6 Samenvattend

In dit hoofdstuk stond de eerste deelvraag centraal: Hoe kunnen energiehubs worden gedefinieerd en wat zijn de potentiële voordelen, nadelen en belemmeringen in het toekomstige duurzame en decentrale energiesysteem?

Op basis van literatuurstudie is vastgesteld dat energiehubs doorgaans worden gedefinieerd als slim aangestuurde, decentrale energiesystemen waarin duurzame opwek, opslag, conversie en verbruik van energie binnen een begrensde gebied integraal worden afgestemd. Hoewel de precieze definities uiteenlopen, komt een gemeenschappelijk kenmerk terug: de hub fungeert als een lokaal energiesysteem dat, al dan niet tijdelijk, kan opereren los van, of aanvullend op, het bredere elektriciteitsnet. De belangrijkste geobserveerde voordelen zijn het reduceren van piekbelasting, het optimaliseren van lokale vraag-aanbodbalans, en het vergroten van leveringszekerheid en flexibiliteit. Daarbij wordt vaak gewezen op het potentieel van energiehubs om netverzwaring te voorkomen, met name in nieuwbouwwijken waar ruimte is voor integrale systeembenadering.

Tegelijkertijd toont de literatuur ook duidelijke kanttekeningen en belemmeringen. Deze liggen met name op het vlak van juridische kaders, governance vraagstukken, financierbaarheid en ruimtelijke inpassing. Ook valt op dat in de grijze literatuur de belofte van de energiehubs vaak sterker wordt aangezet dan in de wetenschappelijke literatuur. Er lijkt een zekere beleidsmatige verwachtingsdruk te bestaan, waarbij de energiehubs als 'silver bullet' wordt gepositioneerd, zonder dat alternatieven zoals warmtenetten of netbewust ontwerpen gelijkwaardig in beeld komen. Het voert te ver om in dit onderzoek deze alternatieven met een gelijke mate van diepgang naast elkaar te zetten, maar een neutrale evaluatie van de energiehubs kan een vertrekpunt vormen voor een dergelijke analyse.

Als onderzoeker constateer ik dat het energiehubs-concept in de praktijk multi-interpretabel blijft en sterk contextafhankelijk is. Deze voorlopige bevinding benadrukt het belang van een kritische en genuanceerde benadering in het vervolg van het onderzoek. Hoofdstuk 5 zal daarom deze thematiek verdiepen aan de hand van semi-gestructureerde interviews, waarin wordt onderzocht hoe actoren in de praktijk de potentie en beperkingen van energiehubs ervaren.

In het volgende hoofdstuk wordt eerst het theoretisch kader uiteengezet. Dat biedt handvatten om energiehubs niet alleen technologisch, maar juist ook sociaal-institutioneel te duiden. Dit gebeurt onder meer door energiehubs te plaatsen binnen bredere theorieën over transitieprocessen, systeeminnovaties en samenwerking. Aan de hand van het Multi-Level Perspective, Strategic Niche Management en verschillende governance benaderingen wordt inzichtelijk gemaakt welke dynamieken bepalend zijn voor de opschaling, institutionalisering en sociale inbedding van innovaties als energiehubs.

3. THEORETISCH KADER: SYSTEEMINNOVATIE IN EEN MULTI-STAKEHOLDER NETWERK

De ontwikkeling van energiehubs als oplossing voor netcongestie in woningnieuwbouwwijken vereist meer dan technologische innovatie; het vraagt om veranderingen in instituties, samenwerking en bestuur. Om deze complexe dynamiek te begrijpen, richt het theoretisch raamwerk in dit hoofdstuk zich op twee vragen: wat is nodig om de implementatie van energiehubs te laten slagen vanuit het perspectief van innovatie in complexe systemen, en hoe kan samenwerking binnen energiehubs bijdragen aan het voorkomen van netcongestie. Het Multi-Level Perspective (MLP) plaatst energiehubs als niche-innovatie binnen bredere systeemverandering. Strategic Niche Management (SNM) benoemt voorwaarden voor opschaling: bescherming, leren en netwerkvorming. De theorie over Governance of Change benadrukt de noodzaak van adaptieve sturing met een hoge mate van reflectie, terwijl de Collaborative Governance theorie inzicht geeft in effectieve samenwerking tussen publieke en private actoren. Tot slot laat de Common Pool Resource-theorie zien hoe gedeeld eigenaarschap en collectief beheer van lokale energiesystemen succesvol kunnen zijn. Samen bieden deze theorieën een raamwerk om de implementatie en samenwerking rondom energiehubs en het voorkomen van netcongestie bij woningnieuwbouw op wijkniveau te begrijpen en te bevorderen.

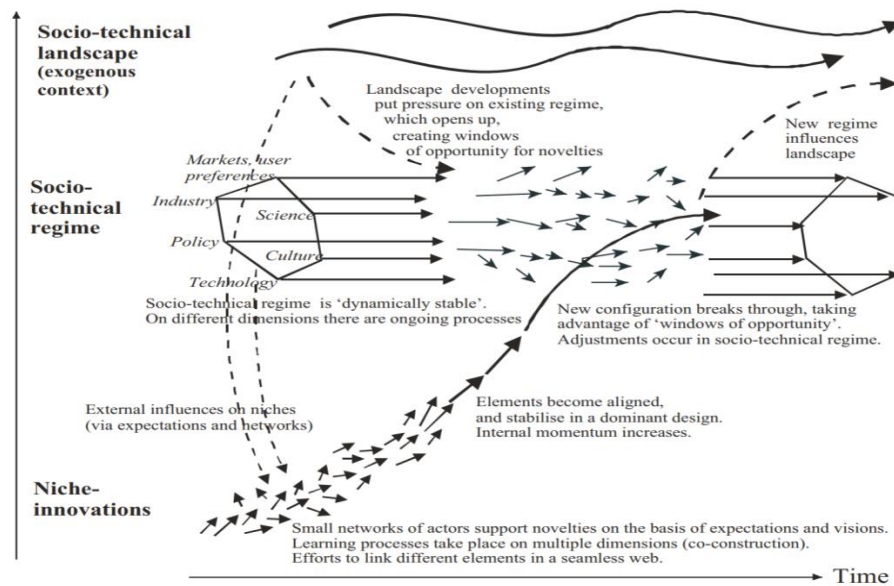
3.1 Multi – Level Perspectief

Wie het energiesysteem van vandaag met alle knelpunten wil begrijpen, heeft meer nodig dan alleen technische kennis. Verduurzaming, netcongestie, decentralisatie: het zijn geen losse puzzelstukjes, maar delen van een grotere systeemverandering. Het Multi-Level Perspective (MLP) raamwerk, ontwikkeld door Geels (2002) en verder aangescherpt door Geels (2011) en Andersen & Geels (2023), biedt een manier om die complexiteit te duiden. MLP laat zien dat transitie ontstaat uit het samenspel tussen drie niveaus: niches, regimes en het landschap. Het raamwerk is weergegeven in figuur 3.1 en laat goed zien dat transitie of systeemverandering geen lineair proces is.

Niches zijn de broedplaatsen van vernieuwing. Hier kunnen radicale innovaties zoals energiehubs experimenteren en rijpen, tijdelijk beschermd tegen de krachten van de markt. Daartegenover staat het socio-technisch regime: het bestaande systeem van infrastructuur, wetgeving, gewoonten en belangen dat vooral gericht is op stabiliteit – en daarmee vaak verandering belemmert. Het landschap omvat de grote externe ontwikkelingen, zoals klimaatverandering, energietekorten en maatschappelijke druk op verduurzaming, die het regime onder spanning zetten.

In deze dynamiek ontstaan kansen. Netcongestie bijvoorbeeld is niet zomaar een technisch probleem: het is een signaal dat het huidige regime piept en kraakt onder nieuwe eisen en maatschappelijke verwachtingen. Energiehubs, ontwikkeld in niches, kunnen – geholpen door landschapsdruk en beleidsveranderingen – uitgroeien tot alternatieven die het systeem vernieuwen. Het MLP-raamwerk helpt ons zo niet alleen te begrijpen hoe verduurzaming kan plaatsvinden, maar ook waarom netcongestie opduikt, wat dat zegt over het energiesysteem, en onder welke condities innovaties zoals energiehubs kunnen doorbreken en het regime blijvend kunnen veranderen.

Increasing structuration
of activities in local practices



Figuur 3.1: Multi – Level Perspective raamwerk met een weergave van de dynamiek tussen de verschillende niveaus. Gebaseerd op Geels (2011)

3.1.1 Socio-technisch landschap

Het socio-technische landschap wordt door Geels (2002 en 2011) boven het socio-technische regime geplaatst. Na introductie van het MLP-raamwerk in 2002 is het begrip 'socio-technisch landschap' veelvuldig door academici bekritiseerd als ware het een soort bonte verzamelbak voor alles wat zich in de context van transitie afspeelt. Geels (2011) erkent dit, maar geeft ook aan dat het landschap een essentieel begrip is om te duiden hoe externe, niet beïnvloedbare factoren het socio-technisch regime kunnen veranderen. Bij de oorspronkelijke introductie van het raamwerk is het landschap gedeut als een verzameling van heterogene, structurele trends waar economische groei, oorlogen, emigratie, politieke coalities, culturele waarden en milieuproblematiek als voorbeelden worden genoemd. In navolging van de kritiek heeft de auteur benoemd dat het, in lijn met suggesties van andere academici, goed kan zijn om onder de motorkap een wat fijnmaziger onderscheid te maken. Zo kan in een indeling in drie typen van landschap dynamiek helpend zijn: i) factoren die niet of heel langzaam veranderen (voorbeeld: fysieke klimaat), II) snelle externe schokken (voorbeeld: oorlogen, olieprijs fluctuaties) en III) lange termijn veranderingen in een bepaalde richting (voorbeeld: demografische trends zoals vergrijzing, huishoudensverdunning). Daarnaast lijkt het in het licht van de energietransitie & netcongestie ook goed om voorbij de basisperceptie te kijken die besloten lijkt te liggen in het MLP-raamwerk: veranderingen in het socio-technisch landschap zorgen ervoor dat het onderliggende regime gaat veranderen. Er kunnen ook ontwikkelingen zijn (Geels, 2011) die juist het bestaande regime stimuleren en in stand houden. Denk bijvoorbeeld aan de wereld van vandaag die wordt gekenmerkt door (handels)oorlogen en conflicten die leiden tot onzekerheid en hogere kosten. Overheden en marktpartijen kunnen overwegen om hun verduurzamingsambities te temperen. Vanuit deze gedachte is het ook mogelijk dat de ontwikkeling van energiehub gebaseerd op duurzame en decentraal opgewekte energie wordt getemperd. Dit staat dan haaks op de ontwikkeling dat netcongestie een uitdaging met een langdurig karakter is, welke mogelijk om een energiehub als een oplossing vraagt.

3.1.2 Socio-technisch regime

Het woord ‘regime’ doet vermoeden dat het hier uitsluitend gaat om beleid of wetgeving. Het socio-technisch regime is echter net als het socio-technisch landschap een breder samenhangend systeem van infrastructuur, wet- en regelgeving, gevestigde belangen en dominante technologieën. In een andere paper beschrijft Geels (2004) nog iets explicieter de onderdelen van een socio-technisch systeem ook wel de sub-regimes genoemd: technologie (technische infrastructuur, technische standaarden, dominantie van bepaalde oplossingen), beleid & regelgeving (wetten, normen, vergunningen, toezicht), markt en gebruikerspraktijken (voorkeuren van gebruikers, marktstructuren, verdienmodellen), cultuur (waarden, dominante overtuigingen, publieke beeldvorming) en wetenschap & kennis (onderzoeksprogramma’s, opleidingen, R&D agenda’s) en industrie & actornetwerken (gevestigde partijen, coalities, rolverdeling). De sub-regimes of subsystemen functioneren autonoom van elkaar, maar tegelijkertijd zijn er afhankelijkheden. Dit komt doordat de sub-regimes communities van actoren zijn, maar individuele actoren functioneren binnen meerdere sub-regimes tegelijk (Tabel 3.1). Denk bijvoorbeeld aan een netbeheerder die tegelijkertijd in de regimes technologie, beleid & regelgeving en markt & gebruikerspraktijken acteert. Dit maakt dat het totale socio-technische regime, gevoed door een complex multi-actor netwerk, vaak relatief stabiel is en dat kan vernieuwing en innovatie afremmen.

Actor	Sub-regimes waarin de actor actief is
Netbeheerder	Technologie, regelgeving, markt
Gemeente	Beleid, regelgeving, cultuur
Energiehub	Markt, cultuur, gebruikerspraktijken
Gebiedsontwikkelaar	Markt, regelgeving, gebruikerspraktijken
Burgers	Gebruikerspraktijken, cultuur, markt
Toezichthouder (ACM)	Regelgeving, markt, industrie & actornetwerken

Tabel 3.1: Voorbeelden van actoren en sub-regimes. Gebaseerd op Geels (2004)

Het afremmen van innovaties gebeurt concreet door middel van een ‘lock-in’ mechanisme (Geels, 2004). Het betekent concreet dat door een samenspel van regels, actoren en fysieke systemen er een bepaalde status quo in stand wordt gehouden. Dit leidt ertoe dat innovaties moeilijker kunnen doorbreken, zelfs als ze een oplossing bieden voor een steeds urgenter wordend probleem. Bij regels gaat het om formele en informele regels die gedrag structureren. Actoren opereren binnen gedefinieerde regels, hebben bepaalde belangen en zijn ingesteld op een specifieke verdeling van taken, verantwoordelijkheden, risico’s en verdienmodellen. Tenslotte zijn er de fysieke systemen, denk bijvoorbeeld aan ‘proven technology’ energie-infrastructuren, die zijn ingesteld op het dominante, overkoepelende socio-technische regime. Als we dit doorvertalen naar innovaties als energiehub, dan ontstaat een beeld zoals in tabel 3.2.

Binnen het socio-technisch regime kan innovatie en verandering nog steeds plaatsvinden, maar zal dit een meer incrementeel karakter hebben (Geels, 2002), omdat er voornamelijk beweging ontstaat door druk vanuit het socio-technisch landschap en de niches. Wanneer we energiehub bestempelen als een meer radicale innovatie, dan is het aannemelijk dat deze juist vanuit een niche zich ontwikkelen. Transitie ontstaat wanneer landschapsdruk het regime ondermijnt, terwijl radicale innovaties voldoende zijn ontwikkeld om als alternatief door te breken. In dit kader zouden we energiehub kunnen begrijpen als niche-innovaties die – onder invloed van externe druk zoals netcongestie – een steeds meer bepalende rol gaan spelen in de hervorming van het energiesysteem. Von Wirth et al. (2018) merken echter op dat er nog relatief weinig onderzoek is gedaan naar hoe

Distributed Energy Systems (DES), zoals bijvoorbeeld energiehubs, uit hun 'niche' kunnen losbreken vanuit een gecentraliseerd energiesysteem.

Voorbeeld energiehubs	Lock-in aspect	Type lock-in
De Elektriciteitswet, de netcode en marktregels zijn ontworpen voor centrale levering en individuele afname. Deze regels remmen decentrale uitwisseling van energie binnen een hub en verhinderen nieuwe samenwerkingsvormen zoals collectief eigendom. Centrale logica en netverzwinging worden gezien als primaire oplossing door netbeheerders en beleidsmakers	Regels	Cognitief (Opleiding en expertise ingericht op bestaande systeem)
Netbeheerders hebben een gereguleerde taak en mogen bijvoorbeeld niet actief deelnemen aan lokale energie-uitwisseling. Energiebedrijven zijn gewend aan verkoop aan eindgebruikers, niet aan samenwerking in collectieve hubs.	Actoren	Institutioneel (Regelgeving en subsidies zijn ingericht op het dominante systeem)
Het huidige elektriciteitsnet is niet ontworpen voor bidirectioneel, decentraal gebruik. Energiehubs moeten zich aanpassen aan een systeem dat technisch en structureel niet op hen is ingericht, waardoor innovatie wordt afgeremd	Fysiek systeem	Technologisch (Netwerken en investeringen zijn ingericht op bestaande technologie)

Tabel 3.2: Voorbeelden van lock-ins. Gebaseerd op Geels (2004)

Het socio-technisch regime is het beste samen te vatten als het heersende of dominante socio-technische systeem, waaronder de subsystemen of regimes liggen. Andersen en Geels (2023) hebben onderzoek gedaan naar net-zero (netto nul) duurzame transitie, gericht op broeikasgasemissies. In dit licht kunnen we ook de transitie van het energiesysteem zien op het gebied van elektriciteit. Andersen & Geels (2023) stellen dat transitie richting netto-nul emissies niet plaatsvinden binnen één enkel systeem, maar door interacties tussen meerdere, onderling verbonden socio-technische systemen. De snelheid van zo'n transitie hangt af van zes causale processen.

Causaal proces	Omschrijving	Toepassing op energiehubs / netcongestie
1. Technologische complementariteit	Innovaties in het ene systeem vereisen ondersteunende technologieën of infrastructuren uit andere systemen	Energiehubs functioneren beter als ook aanpalende technologieën (zoals laadinfrastructuur, batterijen, slimme meters) beschikbaar zijn. Dit vereist coördinatie tussen het energiesysteem, de mobiliteitssector (EV's) en de gebouwde omgeving
2. Actor-netwerkineracties	Actoren opereren vaak in meerdere systemen en hun beslissingen beïnvloeden verschillende transitiepaden	Gemeenten, netbeheerders en ontwikkelaars opereren in meerdere systemen tegelijk en hebben conflicterende of overlappende doelen. Bijvoorbeeld: netbeheerders willen netverzwinging voor grootschalige duurzame opwek, terwijl gemeenten inzetten op lokale verduurzaming
3. Institutionele coördinatie	Beleidsmaatregelen en regulering in het ene domein kunnen transitie in andere domeinen bevorderen of belemmeren	Beleidskaders voor ruimtelijke ordening, netbeheer en energiemarkt zijn vaak los van elkaar ontworpen. Een energiehubs strandt als de regelgeving in slechts één domein (bijv. netcode) blijft steken in het regime
4. Marktdynamiek	Veranderingen in vraag en aanbod in het ene systeem kunnen economische prikkels in andere systemen beïnvloeden	Toenemende vraag naar elektriciteit door warmtepompen en EV's vergroot druk op het elektriciteitsnet. Tegelijk zorgt onvoorspelbare invoeding door duurzaam opgewekte, lokale energie voor instabiliteit op het centrale net, tenzij vraag en aanbod lokaal worden gebalanceerd via energiehubs.
5. Culturele en sociale normen	Veranderingen in maatschappelijke waarden binnen één systeem kunnen gedragsveranderingen in andere systemen stimuleren	Het denken in termen van individuele gebruikers of 'de consument' staat haaks op collectieve modellen zoals energiehubs. Nieuwe normen over delen, produceren, samenwerken en (lokaal) eigenaarschap zijn cruciaal.
6. Kennis- en leerprocessen	Ervaringen en kennis opgedaan in het ene systeem kunnen worden overgedragen naar andere systemen, wat leerprocessen versnelt	Lessen uit bestaande hubs en decentrale initiatieven (bijv. bedrijventerreinen, verduurzaming van bestaande wijken, netbewust gebouwde nieuwbouwwijken) kunnen overdraagbaar zijn naar woningniewbouw, mits er een leerstructuur is over systeemgrenzen heen.

Tabel 3.3: Causale processen toegepast op energiehubs en netcongestie. Gebaseerd op Andersen en Geels (2023).

Als we specifiek kijken naar de context van netcongestie en de mogelijke rol van energiehubs in de woningbouw, dan kan een oplossing als een energiehubs niet alleen worden gerealiseerd in het elektriciteitssysteem. Het vereist een multi-systeembenadering waarbij ook het warmtesysteem, mobiliteitssysteem, woningbouwsysteem en beleidssysteem moeten veranderen. Wanneer we de theorie van Andersen en Geels toepassen op de context van deze scriptie dan ontstaat een beeld zoals in tabel 3.3. Het laat zien hoe complex en onderling verbonden transities zijn en dat er ook voorbij de grenzen van het initiële MLP-raamwerk moet worden gekeken. Netcongestie en de ontwikkeling van energiehubs lijken zo gezien niet alleen een symptoom van een vol elektriciteitsnet en een energiesysteem dat verder wordt verduurzaamd. Het laat ook zien dat er sprake is van een ongecoördineerde systeemtransitie, wat vraagt om een multi-systeembenadering.

3.1.3 Niches

Zoals al eerder aangegeven, vormen niches in het MLP-raamwerk een broedplaats voor de meer radicale innovaties. Het is een omgeving waarin radicale innovaties zich kunnen ontwikkelen, zonder dat ze direct worden tegengewerkt door dominante systemen (Geels, 2002, 2004). In deze omgeving kunnen verdienmodellen, technologieën, gebruikerspraktijken, organisatievormen en governance op kleine schaal worden getest, geëvalueerd en worden aangepast. Niches zijn dus belangrijke leeromgevingen waar kennis wordt opgebouwd, waarbij proeftuinen of pilots populair zijn. Ook worden niches vaak beschermd door subsidies of beleid dat experimenteerterruimte toestaat. Pas als de innovatie voldoende is doorontwikkeld en er druk vanuit het landschap ontstaat, kunnen ze doorbreken naar het socio-technisch regime.

Geels (2011) benoemt drie processen, eerder door andere onderzoekers vastgesteld, die instrumenteel zijn voor niche ontwikkeling, namelijk visievorming & verwachtingen, netwerkvorming en leren. Visievorming bestaat uit het delen van verwachtingen waardoor er richting wordt gegeven, investeringen worden gelegitimeerd en betrokkenen worden gemotiveerd om door te gaan. Netwerkvorming focust op het aantrekken van voldoende verschillende actoren die legitimiteit en (financiële) middelen inbrengen. Leren richt zich niet alleen op het leren over technologie, maar ook over gebruikersvoorkeuren en praktijken en zaken als beleid. Geels (2011), benoemt ook dat de Strategisch Niche Management (SNM) literatuur laat zien dat niche accumulatie afhangt van het sturen op deze drie processen. Vandaar dat we deze processen verder bekijken in paragraaf 3.2.1.

De doorbraak van een innovatie vanuit de niche naar het regime vindt alleen plaats wanneer zich een zogenaamd 'window of opportunity' (Geels, 2002) voordoet. Het 'window of opportunity' ontstaat door spanningen in het regime of door een verandering in het landschap. In de context van deze scriptie zouden we de actuele druk van netcongestie kunnen zien als verandering vanuit het landschap, want dit is een externe trend die het heersende regime onder druk zet. Tegelijkertijd kunnen er onder het heersende (sub)regime ook veranderingen optreden. Denk bijvoorbeeld aan veranderende maatschappelijke opvattingen over energieproductie & levering die het collectiviteitsdenken stimuleren. Energiehubs hebben dan een kans om door te gaan breken. Ze leveren bijvoorbeeld een oplossing om lokaal vraag en aanbod van energie te balanceren en daarmee de belasting van het elektriciteitsnet te verlichten. Ook kunnen energiehubs, wanneer voldoende doorontwikkeld, bewijsvoering leveren dat decentrale systemen goed werken. Ten slotte kunnen de geleerde lessen uit pilots en experimenten helpen bij het aanpassen van diverse sub regimes. Denk bijvoorbeeld aan wetgeving, principes van netbeheer, de rollen en verdienmodellen van publieke en private partijen.

Energiehubs in nieuwbouwwijken lijken goed te passen binnen het concept van een niche, omdat ze:

- Afwijken van het dominante model van centrale energievoorziening;

- Nieuwe vormen van samenwerking vereisen tussen bewoners, netbeheerders, energiebedrijven, ontwikkelaars, financiers en overheden;
- Technologisch experimenteel zijn (denk aan koppeling van opslag, warmtepompen, lokale PV-opwek, verbruik, opwek en slimme aansturing);
- Juridisch en beleidsmatig vaak buiten het bestaande regime vallen (denk aan beperkingen in de Elektriciteitswet, Omgevingswet of Netcodes).

Energiehubs functioneren dus als niches waarin alternatieve organisatievormen, technologieën en gedragingen worden getest. En het schaalniveau van een nieuwbouwwijk lijkt een interessante begrenzing, omdat:

- Er fysieke ruimte en ontwerpvrijheid is om innovatieve oplossingen te integreren vanaf het begin;
- Samenwerking vanaf de start tussen projectontwikkelaars, netbeheerders en gemeenten etc. mogelijk is;
- Bewoners kunnen worden betrokken in een collectief, zeker als dit comfort en kostenvoordeel oplevert. Een nuance past hier wel: in nieuwbouwwijken zijn bewoners bij aanvang meestal nog niet bekend, waardoor directe participatie of collectieve organisatie (zoals voor een energiehub) niet vanzelfsprekend is. Toch kunnen ontwerpkeuzes die later comfort en kostenvoordeel opleveren bijdragen aan draagvlak en acceptatie zodra bewoners instromen. De initiatiefrol ligt in de vroege fase vooral bij publieke en professionele partijen;
- Het schaalniveau (wijk) klein genoeg is om te experimenteren, maar groot genoeg is om impact te hebben.

Wijkgerichte energiehubs in de woningbouw zijn in potentie praktische niches waarin alternatieven worden getest voor het centrale regime (centraal energiesysteem) dat onder druk staat door netcongestie en verduurzamingsdruk.

3.2 Strategisch Niche Management

Strategic Niche Management (SNM) is een benadering binnen het transitieonderzoek die zich richt op het begrijpen en strategisch ondersteunen van radicale duurzame innovaties in de vroege ontwikkelfase. De SNM-benadering vertrekt vanuit het inzicht dat innovaties vaak niet vanzelf doorbreken in bestaande markten en instituties, ofwel het dominante socio-technische regime. Daarom moeten zij tijdelijk worden beschermd in zogenaamde niches: broedplaatsen waarin actoren kunnen leren, netwerken kunnen vormen en gezamenlijke verwachtingen kunnen ontwikkelen. Volgens Schot en Geels (2013) vormen visievorming, netwerkvorming en lerende interacties de drie kernprocessen die de kans op succesvolle nicheontwikkeling vergroten. Caniëls en Romijn (2008) benadrukken daarnaast dat opschaling naar markttoepassing of systeemverandering pas mogelijk is wanneer niche-experimenten goed zijn ingebed in beleid, onderling verbonden zijn, en actief worden begeleid. Binnen het bredere Multi-Level Perspective (MLP) vormt SNM het analytisch kader voor het microniveau van transitie. Het verklaart hoe innovaties vanuit niches kunnen rijpen en het regime kunnen uitdagen of hervormen. SNM is daarmee zowel een verklarend model als een instrument om duurzame innovaties strategisch te positioneren in complexe systeemomgevingen.

3.2.1 Kernprocessen van het SNM-raamwerk

De drie kernprocessen waarlangs de doorontwikkeling van radicale innovaties kan plaatsvinden, kwam al kort ter sprake in paragraaf 3.1.3. We bekijken nu specifiek hoe deze processen kunnen bijdragen aan het doorbreken van een innovaties. De drie processen zijn i) visievorming en de articulatie van verwachtingen, ii) netwerkvorming en iii) leren op meerdere niveaus.

Visievorming en de articulatie van verwachtingen

Dit proces draait om het formuleren van duidelijke en gedeelde toekomstbeelden van de innovatie. Visies en verwachtingen vervullen een belangrijke rol doordat ze richting geven aan de ontwikkeling van de innovatie en betrokken actoren motiveren om te investeren en vol te houden. Ook kan dit proces de legitimiteit van de innovatie of het experiment vergroten en als referentiepunt dienen om het succes of falen vast te stellen. Schot en Geels (2013) benadrukken dat dit proces beter werkt wanneer de verwachting zo concreet mogelijk zijn, maar ook flexibel. Het helpt ook wanneer de verwachtingen worden gedeeld door zoveel mogelijk betrokken actoren. Ten slotte mogen verwachtingen ook niet statisch zijn; ze moeten worden aangepast op basis van leerervaringen. Wanneer we dit weer toepassen op de context van de scriptie, dan is het voorstelbaar dat bij energiehubs stakeholders (gemeenten, netbeheerders, projectontwikkelaars, woningcorporaties) een gedeeld beeld moeten ontwikkelen van wat een energiehubs is en wat het oplost (bijv. netcongestie), wat het bewoners oplevert, wat het ontwikkelaars oplevert (projecten die doorgang kunnen vinden) etc. Zonder zo'n gezamenlijke visie strandt het initiatief vaak in vrijblijvendheid of misverstanden. In het vorige hoofdstuk beschreven we kort de investeringen die de uitbreiding en aanpassing van het elektriciteitsnet met zich meebrengt en ook vestigden we de aandacht op de kosten waarmee bedrijven en burgers lijken geconfronteerd gaan worden uit hoofde hiervan. Met name op dit punt lijken de leerervaringen uit decentrale pilots cruciaal om continu in te brengen bij de doorontwikkeling van energiehubs. Anders bestaat het risico dat de visie en verwachtingen als onrealistisch worden beschouwd, waardoor het draagvlak van actoren afbrokkelt.

Netwerkvorming

Netwerkvorming gaat over de dynamiek in sociale netwerken, waarbij het samenbrengen van een divers netwerk van betrokken partijen centraal staat die gezamenlijk de niche- innovatie willen dragen. Het netwerk moet niet alleen relevante kennis en legitimiteit bundelen, maar ook zorgen dat er voldoende mensen en middelen beschikbaar zijn. Ten aanzien van de diversiteit moeten er verschillende perspectieven worden samengebracht waarbij het quadruple helix uitgangspunt centraal staat (bedrijven, overheden, gebruikers, wetenschap) en voorkomen wordt dat er alleen technici of beleidsmakers betrokken zijn. Schot en Geels (2013) maken hier wel een kanttekening bij. Te diverse netwerken kunnen ook de doorontwikkeling van een innovatie frustreren, omdat het onzekerheid creëert en daardoor verhindert dat actoren zich committeren. Als gevolg daarvan kan het ook middelen fragmenteren en blijft een stabiele set van gedeelde 'regels' uit, waardoor een doorbraak van een innovatie naar het eerder beschreven regime uitblijft. Netwerkvorming draagt sterker bij aan de doorontwikkeling van een niche-innovatie wanneer het netwerk zowel 'breed' als 'diep' is. De breedte wordt ondersteund door bijvoorbeeld relatieve outsiders te betrekken die verfrissende denkbeelden inbrengen. Tegelijkertijd zijn er ook actoren nodig die 'diep' kunnen gaan en die in hun onderliggende organisatie en netwerken commitment en middelen kunnen organiseren. Op dit laatste punt schuilt een dilemma, aangezien de 'diepe' actoren ook vaker de eerder benoemde 'incumbents' vertegenwoordigen met gevestigde belangen en mogelijk minder grote interesse in

radicale innovatie. Waar Schot en Geels (2013) benadrukken dat relaties in het netwerk stabiel en langdurig moeten zijn, merken Caniëls en Romijn (2008) op dat het niet alleen draait om aanwezigheid van actoren, maar ook om de kwaliteit van de interacties en de strategische afstemming tussen rollen. In dit kader wijzen zij op het belang van expliciete netwerksturing waardoor actoren kunnen uittreden en nieuwe actoren kunnen toetreden. Dit helpt ook om de niche-innovatie effectief te verbinden met voorwaartse en achterwaartse schakels in ketens en de aanwezigheid van voldoende ‘bruggenbouwers’ tussen verschillende subsystemen te waarborgen.

Projecteren we dit op energiehub, dan is de constatering dat netwerkvorming complex is, want per definitie worden er meerdere domeinen en actoren verbonden (energie, bouw, wonen, infrastructuur, overheid & bestuur, wetenschap etc.) Dat onderschrijft het belang van de opbouw van een strategisch netwerk vanaf de planfase van een woningnieuwbouwproject. Het vraagt om een intrinsieke motivatie van actoren om te investeren, leren en afstemmen. Daarbij is het wenselijk als een specifieke partij de netwerksturing op zich neemt om de samenwerking, het leren en het afstemmen te coördineren. Vervolgens kan de partij die de netwerksturing op zich neemt, ook weer initiërend zijn bij de articulatie van verwachtingen en de visievorming.

Leren op meerdere niveaus

Het leren op meerdere niveaus behelst dat er niet alleen technisch wordt geleerd of een innovatie functioneert, maar ook bijvoorbeeld wordt gekeken naar gebruikersbehoeften en gebruikerspraktijken. In totaal onderscheiden Schot en Geels (2013) zes verschillende dimensies van leren die hieronder in tabel 3.4 zijn uitgewerkt en zijn geïnterpreteerd naar de context van deze scriptie.

	Leerproces	Wat wordt geleerd	Voorbeeld bij een energiehub
1	Leren over technische kenmerken en prestaties van de technologie	<ul style="list-style-type: none"> - Hoe presteert de technologie onder realistische omstandigheden? - Hoe betrouwbaar, efficiënt, schaalbaar en kosteneffectief is ze? 	Leren over de prestaties van opslagtechnologie, lokale slimme energiesturing, het balanceren van vraag en aanbod, koppeling met warmtepompen of elektrische voertuigen
2	Leren over gebruikersbehoeften en gebruikerspraktijken	<ul style="list-style-type: none"> - Hoe gebruiken mensen de technologie? - Wat zijn hun voorkeuren, bezwaren en routines? 	Leren hoe bewoners omgaan met sturing, energiedelen en een collectieve infrastructuur. Wat motiveert of belemmert hen? Zijn ze geïnteresseerd in eigenaarschap?
3	Leren over culturele en symbolische betekenissen	<ul style="list-style-type: none"> - Welke waarden en overtuigingen verbinden actoren aan de innovatie? - Verandert de manier waarop energie wordt gezien (bijv. van privaat bezit naar deels gemeenschappelijk goed)? 	Leren of en in welke mate bewoners zich identificeren met het idee van gezamenlijke verantwoordelijkheid voor energie, en hoe dit past in bredere duurzaamheidsvisies
4	Leren over infrastructuren en productiesystemen	<ul style="list-style-type: none"> - Welke aanpassingen zijn nodig in fysieke infrastructuren en logistiek? - Zijn bestaande netten, aansluitingen of ICT-systemen compatibel? 	Leren over knelpunten in relatie tot koppeling met het elektriciteitsnet (o.a. transformatoren), opslagmogelijkheden (batterijen, thermische opslag) data-uitwisseling tussen systemen en het ruimtegebruik (bovengrondse en ondergrondse energie-infra) in de wijk
5	Leren over beleids- en wetgevingskaders	<ul style="list-style-type: none"> - Welke beleidsregels werken belemmerend of juist ondersteunend? - Wat is er nodig om de innovatie juridisch of financieel mogelijk te maken (o.a. subsidiemogelijkheden)? 	Leren over belemmeringen in de Elektriciteitswet, netcodes, rolverdeling tussen partijen (netbeheerder, ontwikkelaar, gemeente, toezichthouder, energiebedrijf).
6	Leren over industrie- en marktrelaties	<ul style="list-style-type: none"> - Welke actoren zijn betrokken in de keten? - Hoe ontstaan nieuwe verdienmodellen, rollen en samenwerkingen? 	Leren over de rolverdeling tussen projectontwikkelaar, energiebedrijven, congestieserviceproviders, bewoners, gemeenten. Wat zijn werkbare businessmodellen?

Tabel 3.4: Beschrijving van zes verschillende dimensies van leren bij niche-innovaties. Gebaseerd op Schot en Geels (2013).

Met het onderscheid in zes dimensies benadrukken de onderzoekers dat alleen het meenemen van al deze dimensies zorgt voor voldoende institutionele en sociale robuustheid om een niche-innovatie op te schalen en te laten bijdragen aan regime verandering. Ook benadrukken ze, in navolging van eerder onderzoek, dat over al deze dimensies heen het ook belangrijk is om aandacht te hebben voor zowel ‘first-order learning’ als ‘second-order learning’. Bij ‘first-order learning’ gaat het om incrementeel leren, waarbij het data en feiten worden geïnterpreteerd op basis van bestaande logica. Bij ‘second-order learning’ gaat het juist om transformationeel leren en het ter discussie stellen van de bestaande logica. Omdat Schot en Geels (2013) deze begrippen slechts abstract en op hoofdlijnen aanhalen, gebruiken we de uiteenzetting in aspecten van Hoogma et al. (2002) om dit te duiden in de context van deze scriptie. Dit is weergegeven in tabel 3.5.

Aspect	First-order learning	Second-order learning
Definitie	Leren binnen bestaande aannames, doelen en kaders	Leren waarbij fundamentele aannames en doelen worden herzien
Doel	Verbeteren van prestaties of processen	Heroverwegen en opnieuw vaststellen van doelen, waarden en systeemstructuren
Type verandering	Incrementeel	Transformationeel
Voorbeelden in energiehubs	Optimaliseren van lokale energiesturing of technische afstemming	Herontwerpen van eigenaarschap, rollen of juridische modellen
Vraag die centraal staat	Hoe kunnen we dit efficiënter doen?	Waarom doen we het op deze manier, en kan het fundamenteel anders?
Reikwijdte van leren	Beperkt tot technische of organisatorische verbeteringen	Omvat technologie, instituties, cultuur en governance
Noodzakelijk voor	Lokale optimalisatie van een energiehubs en praktische toepassing	Opschaling van energiehubs (stad, regio etc.), regimeverandering, beleidsvernieuwing

Tabel 3.5: Verschillen tussen first-en second order learning bij niche-innovaties. . Gebaseerd op Schot en Geels (2013 en Hoogma et al. (2002).

3.2.2 Opschaling en regime verandering door co-evolutie

Strategisch Niche Management (SNM) biedt een krachtig kader om te begrijpen hoe radicale innovaties zoals energiehubs zich kunnen ontwikkelen binnen beschermde omgevingen, en onder welke condities zij kunnen opschalen richting systeemverandering. Opschaling vereist daarbij meer dan technologische verbetering alleen: het vraagt om co-evolutie — een dynamisch proces waarin technologie, gebruikerspraktijken, regelgeving, marktstructuren en culturele normen zich gezamenlijk ontwikkelen (Schot & Geels, 2013).

Energiehubs illustreren dit principe. Ze vereisen niet alleen nieuwe technische oplossingen, maar ook een herverdeling van eigenaarschap, nieuwe institutionele afspraken over energie opwek, -deling en -levering, én domein overstijgende samenwerking tussen woningbouw, planologie, energie-infrastructuur en lokaal bestuur. Binnen het SNM-raamwerk worden niches doorgaans gezien als experimenteerruimtes voor technologische innovaties binnen een specifiek systeem (zoals elektriciteit en warmte). Energiehubs functioneren echter ook als institutionele niches die de grenzen tussen sectoren doorbreken. Ze brengen nieuwe afspraken voort over zeggenschap, financiering en data-uitwisseling tussen actoren uit uiteenlopende domeinen, waaronder energie, bouw, vastgoed en publieke sector.

Dit impliceert dat energiehubs niet alleen bijdragen aan innovatie binnen het energiesysteem, maar ook een aanzet kunnen geven tot regimeverandering in aanpalende domeinen, zoals woningbouw en ruimtelijke ordening, sectoren waar doorgaans niet primair op energie gestuurd wordt. Hun sectorale verwevenheid maakt dat SNM hier niet alleen van waarde is als analyse-instrument, maar

juist ook als hulpmiddel bij de operationele vormgeving van complexe niches. Caniëls en Romijn (2008) benadrukken dat dit alleen kans van slagen heeft als experimenten niet geïsoleerd plaatsvinden, maar worden ingebed in bredere waardeketens en governance-structuren. Zo kunnen energiehubs bijdragen aan het verminderen van netcongestie en ook fungeren als multi-sectorale institutionele niches die bredere institutionele verandering in de gebouwde omgeving kunnen aanjagen. Dit sluit ook aan bij de multisysteem benadering die in paragraaf 3.1.2 al ter sprake kwam.

3.2.3 Kritiek op het transitieonderzoek

Het lijkt verleidelijk om het MLP-raamwerk en het SNM- kader op het podium te zetten als een directe route naar succes. Zo bouwen Köhler et al. (2019) voort op MLP, maar zet het artikel ook kritische kanttekeningen en stellen de onderzoekers richtingen voor verdere ontwikkeling voor. Köhler et al. pleiten onder andere voor verbreding en verdieping van het MLP-raamwerk en het SNM- kader, o.a. door:

- Meer aandacht voor het strategisch gedrag van actoren: welke rol spelen macht, belangenstrijd en institutionele lock-ins?
- Meer aandacht voor politiek, macht en sociale (on)gelijkheid: wie profiteren van transities en wie dragen de lasten?
- Meer aandacht voor geografische aspecten: transities worden nog te weinig gekoppeld aan de lokale context en de ruimtelijke schaal (bijv. wijk, stad, regio)
- Meer aandacht voor precisie, MLP leunt nog te veel op vuistregels en benaderingen en dat maakt het minder geschikt voor empirische toetsing van situaties vanuit de praktijk
- Meer aandacht voor specifieke mechanismes en hoe niches daadwerkelijk doorbreken: welke beleidskaders en marktstructuren zijn nodig?
- Meer aandacht voor sociale of culturele innovaties; welke complexiteit brengt noodzakelijke maatschappelijke verandering met zich mee? Welk ander gedrag is nodig?
- Meer aandacht voor andere systemen; welke multisysteem dynamiek is er? Hoe zijn innovaties afhankelijk van interacties tussen verschillende sectoren of domeinen

In het verlengde van dit laatste punt stellen Caniëls en Romijn (2008) dat SNM nog te vaak een analytisch instrument is en niet wordt gebruikt als praktisch beleidsinstrument. Hierdoor blijven experimenten geïsoleerd en komen ze niet voorbij het niveau van pilots. Institutionele verandering komt niet voort uit één experiment, maar uit een leerproces over meerdere projecten heen, die ingebed zijn in structuren van samenwerking, beleid en marktontwikkeling. Köhler et al. (2019) doen ook een tweetal concrete handreikingen om de in hun ogen tekortkomingen op te lossen. Zo pleiten ze er voor om verschillende vormen van governance te bestuderen, zoals collaboratieve of polycentrische modellen waarin meerdere partijen, domeinen en schaalniveaus samenwerken aan systeemverandering. Ook zijn ze een voorstander van het verbinden van MLP met inzichten vanuit de bestuurskunde (governance), geografie (lokale context) en bedrijfs- en organisatiekunde (actoren en netwerken). Alleen zo wordt volgens de onderzoekers het MLP-raamwerk praktischer en handelingsgerichter zodat het beter kan worden ingezet voor begeleiding van transitieprocessen.

3.3 Governance of Change

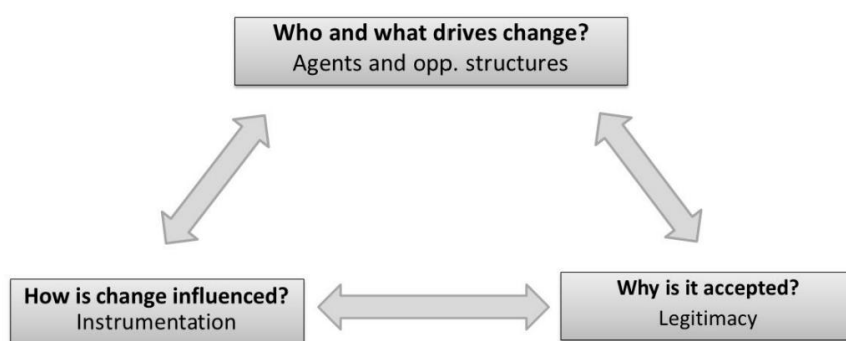
Uit de vorige paragrafen is al meerdere malen duidelijk geworden dat een verdieping op governance nuttig kan zijn. Vanuit de Governance of Change-theorie (GoC) onderzoekt men hoe maatschappelijke of technologische veranderingen tot stand komen, waarbij de nadruk ligt op het samenspel tussen actoren, instituties, regels en processen. Toepassingsgebieden voor GoC zijn onder andere de energietransitie (de overgang naar duurzame energie met daarin de rol van de

consument), stedelijke ontwikkeling (bijv. woningbouw organiseren binnen ecologische en sociale grenzen) en digitale transformatie (hoe reguleren we datadelen, de rol van AI en nieuwe verdienmodellen).

Borrás en Edler (2014) definiëren GoC als het bewust en intentioneel beïnvloeden van sociale, technologische en economische transitie door beleidsmakers, waarbij rekening gehouden wordt met onzekerheid, meerdere en uiteenlopende belangen van de verschillende actoren en complexiteit die zulke processen kenmerken. Zo vraagt volgens de onderzoekers de overgang naar een duurzaam en toekomstbestendig energiesysteem niet alleen om technologische oplossingen, maar ook om bestuurlijke vernieuwing. Daarbij zijn de vragen ‘Wie stuurt de verandering?’ en ‘Onder welke voorwaarden kan die verandering slagen?’, relevant. De GoC benadering van Borrás en Edler (2014, 2020) biedt hiervoor een relevant denkkader, waarbij drie pijlers centraal staan die samen het fundament vormen voor effectief transitiebeleid. ‘Capable agents & opportunity structures’ verwijst naar de mate waarin actoren in staat zijn om te handelen binnen institutionele kaders die verandering mogelijk maken. ‘Instrumentation’ betreft het beleidsinstrumentarium waarmee richting wordt gegeven aan innovatie en systeemverandering. Met ‘Legitimacy’ doelen de onderzoekers op het maatschappelijk en politiek draagvlak dat nodig is om veranderingen daadwerkelijk te kunnen implementeren. Afhankelijk van hoe deze drie elementen zijn georganiseerd, onderscheiden Borrás en Edler vier vormen van governance: mission-oriented, constituency-based, experimentation-oriented en adaptive. Elk van deze modi kent een eigen logica in het sturen van maatschappelijke verandering, van centrale regie tot lokaal experiment. Dit vormt een interessante lens om de bestuurlijke dynamiek rond innovatieve oplossingen zoals energiehub te analyseren.

3.3.1 Drie bouwstenen van Governance of Change

Door de eerdergenoemde drie pijlers af te pellen wordt een antwoord verkregen op drie essentiële vragen zoals weergegeven in figuur 3.2. Borrás en Edler (2014) kiezen voor het conceptuele raamwerk in figuur 3.2, omdat ze van mening zijn dat in de literatuur de onderdelen wel vaak separaat zijn onderzocht, maar nog onvoldoende in relatie tot elkaar. Daarnaast zijn ze van mening dat dit conceptuele raamwerk helpt om te duiden hoe systeemverandering wordt gecoördineerd in een complexe multi-sector & stakeholder context.



Figuur 3.2: Drie pijlers van GoC en hun relatie tot governance vraagstukken. Overgenomen uit Borrás en Edler (2014).

Capabele actoren en kansenstructuren

De eerste pijler van de GoC benadering richt zich op de aanwezigheid van handelingsbekwame actoren (bijv. overheden, bedrijven, burgers) en de institutionele ruimte en structuren (wetgeving, markten instellingen) waarin zij opereren. Met capabele actoren doelen Borrás en Edler (2020) op partijen die niet alleen de intentie hebben om bij te dragen aan maatschappelijke verandering en

daartoe in staat zijn. Die handelingsbekwaamheid wordt bepaald door verschillende factoren, waaronder voldoende kennis, financiële middelen, juridische bevoegdheden, organisatorische capaciteit en toegang tot netwerken. Een gemeente die duurzame ambities heeft, maar geen invloed op het lokale energienet, is in dit opzicht niet 'capabel', ondanks haar goede bedoelingen. Daarmee raakt deze pijler direct aan het tweede onderdeel: de kansenstructuur. Hiermee wordt verwezen naar het geheel aan institutionele, juridische, economische en politieke omstandigheden die bepalen in hoeverre actoren überhaupt kunnen handelen. Dit omvat formele regels (zoals wet- en regelgeving), maar ook informele praktijken, machtsverhoudingen en gevestigde routines. Een goed voorbeeld is het spanningsveld tussen energiewetgeving en woningbouwpraktijk: zelfs als een ontwikkelaar een energiehub wil realiseren, kan dit worden belemmerd door netcapaciteitsrestricties, een gebrek aan zeggenschap over een bepaalde grondpositie voor de realisatie van energie-infrastructuur of het ontbreken van passende regelgeving voor energiedeling. De effectiviteit van governance hangt in deze pijler dus af van het samenspel tussen actoren die willen én kunnen handelen, en structuren die ruimte bieden voor verandering. Pas als beide aanwezig zijn, kan sprake zijn van betekenisvolle sturing op transitieprocessen.

In de context van deze scriptie vereist de ontwikkeling van energiehub's in de woningbouw zowel actoren die de intentie als de capaciteit hebben om te handelen. Gemeenten kunnen via ruimtelijke kaders sturen, maar zijn afhankelijk van bijvoorbeeld netbeheerders, die bepalen of het netwerk ruimte biedt voor lokale opwek en opslag. Gemeenten beschikken onder de Omgevingswet over diverse instrumenten om decentrale energieoplossingen zoals energiehub's te faciliteren – onder meer via omgevingsvisies, omgevingsplannen en maatwerkvoorschriften. De effectiviteit hiervan wordt wel mede bepaald door de ruimte binnen rijks- en provinciale instructieregels en de mate van afstemming met andere actoren (Informatiepunt Leefomgeving, 2024). Projectontwikkelaars moeten bereid zijn risico's te nemen ten aanzien van voorinvesteringen in energie-infrastructuur of samen te werken met externe exploitanten, wat mede afhangt van kostenstructuren, wetgeving en tijdsdruk. Provincies kunnen de uitvoering vergemakkelijken via financiële of ruimtelijke ondersteuning, afhankelijk van de prioriteiten in de regionale energie- of woningbouwagenda. De aanwezigheid van een bestaand warmtenet kan kansen bieden voor integratie, maar ook beperkingen opleggen als de infrastructuur inflexibel is ingericht of in handen is van één concessiehouder. Ook toekomstige bewoners spelen een rol: hun draagvlak, voorkeuren en vertrouwen beïnvloeden het succes van collectieve energiesystemen. Daarnaast bepalen zij mede de haalbaarheid van projecten doordat hun bereidheid en financiële mogelijkheden om een woning te kopen of huren in de nieuwe wijk beïnvloed worden door de aanwezigheid van collectieve voorzieningen en bijbehorende kostenstructuren. De vraag is dus niet alleen of partijen willen bijdragen aan de realisatie van een energiehub, maar of zij ook daadwerkelijk kunnen handelen binnen de grenzen van het huidige institutionele speelveld.

Instrumentarium

De pijler instrumentarium beschrijft de rol van instrumenten als centrale middelen waarmee actoren maatschappelijke verandering proberen te beïnvloeden. Volgens Borrás en Edler (2020) is instrumentation geen technocratisch vraagstuk, maar een fundamenteel onderdeel van governance: instrumenten zijn de mechanismen die richting, reikwijdte en tempo van verandering mede bepalen. Het gaat nadrukkelijk om de systematische vormgeving en inzet van instrumenten als onderdeel van de beleidssturing. Borrás en Edler (2014) onderscheiden twee typen instrumenten die elk een eigen rol spelen in transitieprocessen, namelijk 'beleidsinstrumenten' en 'instrumenten van sociale

agenten'. Beleidsinstrumenten worden ingezet door overheden of publieke instanties. Ze omvatten onder andere:

- Juridische maatregelen (zoals wet- en regelgeving of vergunningensystemen),
- Economische prikkels (zoals subsidies, belastingen of quota),
- Ondersteunende of coördinerende instrumenten (zoals kennisprogramma's of beleidsplannen)

Deze instrumenten worden doelbewust ontworpen om gedrag te sturen, innovatie te stimuleren of bestaande structuren aan te passen in lijn met maatschappelijke doelen. Instrumenten van sociale agenten zijn instrumenten die voortkomen uit of worden toegepast door private, maatschappelijke of hybride partijen. Denk aan:

- Vrijwillige standaarden, certificeringssystemen of gedragscodes;
- Contractvormen en platforms;
- Businessmodellen, apps en digitale tools die gedrag en keuzes beïnvloeden;
- Zelfregulering binnen sectoren of netwerken.

Deze instrumenten zijn vaak ingebed in de dagelijkse uitvoering en implementatie van innovaties. Ze worden niet centraal gestuurd, maar zijn doorgaans ingebed in uitvoeringspraktijken en kunnen bottom-up ontstaan, vaak in reactie op kansen of beleidsbeperkingen. Het onderscheid tussen de twee typen instrumenten is relevant omdat ze in verschillende governance contexten opereren en andere vormen van invloed uitoefenen. In realiteit zijn complexe veranderingsprocessen in de energietransitie zelden van elkaar te scheiden. Een subsidie (policy instrument) kan pas effectief zijn als er een werkbaar organisatiemodel bestaat dat die subsidie kan benutten (instrument of social agent). Omgekeerd kunnen dominante marktpraktijken of infrastructuurnormen de effectiviteit van nieuw beleid beperken. De effectiviteit van governance hangt daarom mede af van de coherentie en wisselwerking tussen beleidsmatige en maatschappelijke instrumenten. Het vereist dat beleidsmakers niet alleen instrumenten ontwikkelen die inhoudelijk kloppen, maar ook strategisch aansluiten bij bestaande praktijken, routines en belangen. Alleen dan kunnen instrumenten als hefboom fungeren in plaats van als blokkade.

Het beleid rondom energiehubs wordt gestuurd via uiteenlopende instrumenten zoals subsidies, wetgeving en aanbestedingsvoorwaarden. Toch kan het instrumentarium in de praktijk versnipperd blijken. Subsidies zoals de SDE++ kunnen duurzame collectieve systemen ondersteunen, maar vereisen een heldere juridische en organisatorische structuur. Voor energiehubs betekent dit dat er een duidelijk exploitatiemodel en een rechtspersoon moet zijn die verantwoordelijk is voor de installatie (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2024a). Hoewel collectieve systemen niet worden uitgesloten, vormt dit in de praktijk vaak een drempel voor initiatieven in een vroeg ontwikkelstadium. Ook wetgeving kan mogelijk de ontwikkeling van energiehubs belemmeren, met name waar het gaat om het onderling delen van energie tussen huishoudens. Hiervoor zijn complexe juridische constructies nodig, zoals energiecoöperaties of gemeenschap of gesloten distributiesystemen. Deze vormen vragen om extra organisatie, afstemming en naleving van specifieke regels, wat de uitvoeringspraktijk aanzienlijk kan vertragen of verzwaren. Tegelijkertijd zijn er mogelijk er beleidsmatige kansen. Regelvrije zones, experimenteerregelingen en duurzaamheidscriteria in tenders kunnen bijvoorbeeld ruimte bieden aan innovatieve energieoplossingen. Ook provinciale programma's gericht op netcongestie kunnen ondersteuning

bieden voor de inpassing van collectieve energie-infrastructuur.

Legitimiteit

De derde pijler in het Governance of Change-kader van Borrás en Edler is legitimiteit. Deze pijler verwijst naar het maatschappelijk, politiek en institutioneel draagvlak voor veranderingsprocessen. In tegenstelling tot technocratische of puur juridische benaderingen erkent deze governance benadering dat effectieve transities niet uitsluitend afhangen van capaciteit of instrumenten, maar in belangrijke mate van de aanvaarding, steun en erkenning door betrokken actoren en de bredere samenleving. Borrás en Edler (2020) benadrukken het belang van legitimiteit in governance processen, juist omdat maatschappelijke transities plaatsvinden in een context van onzekerheid, uiteenlopende waarden en gedeelde verantwoordelijkheden. Verandering is zelden lineair of eenduidig; het raakt aan conflicterende belangen en vereist samenwerking tussen overheid, markt en samenleving. In zulke situaties is het cruciaal dat betrokken partijen het proces en de keuzes als legitiem ervaren. Niet alleen om weerstand te voorkomen, maar ook om tot duurzame, gedragen verandering te komen. Binnen de bestuurskundige literatuur worden doorgaans drie vormen van legitimiteit onderscheiden die ook door de onderzoekers worden aangehaald:

- **Input-legitimiteit:** verwijst naar de mate waarin besluitvorming participatief, representatief en inclusief is. Worden belanghebbenden betrokken en voelen zij zich gehoord?
- **Throughput-legitimiteit:** richt zich op de kwaliteit van het bestuurlijke proces zelf. Dit betreft onder andere transparantie, consistentie, deskundigheid en de integriteit van besluitvorming.
- **Output-legitimiteit:** gaat over de aanvaardbaarheid en effectiviteit van de uitkomsten. Leiden de genomen besluiten tot herkenbare, eerlijke en maatschappelijk aanvaardbare resultaten?

Deze drie vormen zijn nauw met elkaar verbonden. Een open en zorgvuldig proces (input en throughput) kan draagvlak creëren voor moeilijke of ingrijpende uitkomsten (output), terwijl gebrekkige participatie of ondoorzichtige procedures juist weerstand kunnen oproepen, zelfs bij inhoudelijk wenselijke resultaten. Legitimiteit functioneert dus goed wanneer besluitvorming als eerlijk en uitlegbaar wordt ervaren, wanneer actoren zich serieus genomen voelen en wanneer de resultaten als rechtvaardig en doeltreffend worden beoordeeld. Weerstand ontstaat daarentegen wanneer actoren zich buitengesloten voelen en wanneer men geen input heeft kunnen geven, wanneer de besluitvorming ondoorzichtig is of wanneer uitkomsten ongelijk verdeeld zijn. In zulke gevallen ondermijnt een gebrek aan legitimiteit het vertrouwen in het proces en daarmee het vermogen tot verandering.

Een energiehub kan technisch kloppen en financieel onderbouwd zijn, maar als mensen het gevoel hebben dat het systeem hen 'overkomt' in plaats van dat ze er deel van uitmaken, stopt de uitvoering. Bij nieuwbouwprojecten is vroege inspraak complex: veel (technische, economische) keuzes worden al gemaakt voordat de eerste bewoner bekend is. Toch betekent dat niet dat legitimiteit buiten bereik ligt. Input-legitimiteit kan alsnog versterkt worden door belangenorganisaties (woningcorporaties, adviesraden etc.) te betrekken namens toekomstige gebruikers. Bovendien kan transparantie en documentatie over gemaakte keuzes, afwegingen en gevolgen bijdragen aan erkenning, vertrouwen en toekomstige acceptatie. De kwaliteit van het proces zelf, de throughput, lijkt minstens zo bepalend. Zeker bij deels collectieve systemen, waarbij bewoners bijvoorbeeld afhankelijk worden van een extra exploitant voor hun energievoorziening,

telt duidelijkheid dubbel. Onduidelijkheid over het beheer en tariefwijzigingen of een gebrek aan aanspreekbaarheid kan leiden tot wantrouwen, zelfs als het systeem technisch goed functioneert. Tenslotte is er de output-legitimiteit: wat levert het op en voor wie? Als bewoners verplicht worden aangesloten, maar uiteindelijk duurder uit zijn dan bij een individuele aansluiting, roept dat vragen op over rechtvaardigheid. Ook ontwikkelaars zullen terughoudend zijn als ze reputatieschade riskeren bij ontevreden eindgebruikers. Een energiehub die ogenschijnlijk duurzaam is, maar sociaal wringt, verliest aan legitimiteit en dus aan levensvatbaarheid. Toch kan legitimiteit ook een aanjager zijn. Energiehubs die ontstaan vanuit lokale initiatieven of coöperaties, kennen vaak meer maatschappelijk draagvlak. Eigenaarschap, zeggenschap en betrokkenheid zorgen voor vertrouwen en een langere adem. Hier lijkt ook een taak voor de overheid te liggen ten aanzien van transparantie en de bescherming van particuliere eindgebruikers en hun belang. Legitimiteit is geen sluitstuk van het ontwerp, maar zou moeten doorlopen tot in de exploitatiefase. Juist als er weinig keuze is in de vroege fase, moet het proces extra recht doen aan betrokkenheid.

3.3.2 Vier archetypen van Governance

Hoe de drie pijlers capable agents & opportunity structures, instrumentation en legitimacy in de praktijk worden ingevuld en met elkaar samenhangen, bepaalt in belangrijke mate welke vorm van governance ontstaat. Borrás en Edler (2014) onderscheiden op basis hiervan vier archetypen governance-modi die de overheid kan aannemen in veranderingsprocessen binnen sociaal-technische systemen. In de praktijk kunnen ook combinaties hiervan voorkomen. Elk type laat een andere logica van sturing zien, van krachtige missie gedreven actie tot incrementeel bijstellen onderweg. Zo staat bij *mission-oriented governance* een duidelijke publieke ambitie centraal. De overheid zet een koers uit rond bijvoorbeeld duurzaamheid of systeemtransformatie, en vervult daarbij een actieve rol: zij bepaalt doelen, stelt instrumenten beschikbaar en bewaakt de voortgang. De sturingsrelatie is doelgericht en verticaal: niet vrijblijvend, maar normerend. *Constituency-based governance* daarentegen gaat uit van een netwerkbenadering. Verandering ontstaat niet vanuit centrale richting, maar via onderhandelingen tussen actoren met uiteenlopende belangen. De overheid fungeert hier als facilitator of partner binnen een breder samenwerkingsverband. Dit type past goed bij situaties waarin geen vanzelfsprekende hiërarchie bestaat, en waarin samenwerking tussen bijvoorbeeld markt, overheid en burgers op gelijkwaardige voet tot stand moet komen. Bij *experimentation-oriented governance* staat leren centraal. De overheid creëert ruimte voor innovatieve initiatieven, vaak tijdelijk, kleinschalig en met beperkte verplichtingen, om te ontdekken wat werkt. Ze stelt zich flexibel en lerend op, en beïnvloedt vooral via processturing, monitoring en het mogelijk maken van afwijking van bestaande regels. Deze vorm van governance is aantrekkelijk in onzekere of snel veranderende contexten, maar vraagt wel om mechanismen om succesvolle initiatieven op te schalen en structureel in te bedden. *Adaptive governance* tot slot is gericht op bijstelling en reactiviteit. Er is geen vooraf vastgelegde route, en de overheid treedt vooral op als beheerder die bestaande processen bewaakt en corrigeert als daar aanleiding toe is. Sturing vindt hier plaats via incrementele aanpassing, zonder de ambitie van structurele vernieuwing. Dit is waardevol in complexe of volatiele beleidsomgevingen.

3.3.3 Rollen van de overheid in relatie tot transformatieve processen

In hun latere werk (2020) koppelen Borrás & Edler aan de archetypes aan verschillende rollen die de overheid kan vervullen. In totaal onderscheiden zij meer dan tien varianten, variërend van systeemarchitect tot monitor. Wat deze rollen verbindt is het inzicht dat de rolkeuze van de overheid bepalend is voor het transformatieve potentieel van het beleidsproces: de mate waarin

bestaande instituties, infrastructuur of gedragspatronen fundamenteel kunnen veranderen. In opgaven waarbij structurele verandering nodig is, zoals bijvoorbeeld de energietransitie, verdient het aanbeveling om governance vormen te kiezen die niet alleen stabiliteit bieden, maar ook daadwerkelijk kunnen kantelen. Hoe scherper en pro-actiever de rol, hoe groter lijkt het transformatieve potentieel: de capaciteit om niet alleen symptomen te bestrijden, maar het onderliggende systeem te kantelen. Dat zou de keuze voor een governance-modus tot meer maken dan een methodische voorkeur. Het zou kunnen worden geduid als een uitspraak vanuit overheden over de diepgang en het tempo van de verandering die wordt nastreeft. Het onderstaande schema laat zien hoe de vier governance vormen zich kunnen verhouden tot verschillende overheidsrollen, hun transformatieve potentieel, en hoe zij eruit zouden kunnen zien toegespitst op de context van energiehub en netcongestie.

Governance-archetype	Typische overheidsrollen	Transformatief potentieel	Mogelijk voorbeeld (energiehubs)
Mission-oriented governance	Systeemarchitect, dirigent, agenderende leider	Hoog – gericht op systemische koerswijziging	Nationaal programma geeft onderzoeksplicht voor netbewust bouwen, energiehub met opslagmogelijkheden in nieuwe VINEX-achtige uitbreidingen; Rijk en/of Provincies co-financieren en stellen strakke doelen voor netontlasting
Constituency-based governance	Mediator, partner, facilitator	Matig – gebonden aan consensus en belangen	Provincie organiseert en faciliteert ronde tafels waarin gemeente, ontwikkelaar, netbeheerder en bewonerscoöperatie een gedeelde buurt-hub afspreken; besluitvorming via convenant
Experimentation-oriented governance	Ruimteverschaffer, experimentontwerper, lerende overheid	Potentieel hoog – afhankelijk van opschaling	Gemeente wijst (een deel van) een te ontwikkelen nieuwbouwwijk aan als experimenteergebied waarin een ontwikkelaar binnen een collectief van belanghebbenden een hybride energiehub kan opzetten met lokale opwek, buurtbatterij en onderling energiedelen; regelgeving is tijdelijk versoepeld via een experimenteerartikel
Adaptive governance	Beheerder, monitor, risicomijdende actor	Laag – incrementele aanpassingen	Gemeente laat woningbouw doorgaan, maar stuurt niet op een energiehub. Komt reactief in actie en biedt hulp in de vorm van toestemming voor (batterij)opslag, generatoren etc. zodra netbeheerder en ontwikkelaars zich melden; beleid blijft ad-hoc

Tabel 3.6: Governance types, overheidsrollen en transformatief potentieel. Gebaseerd op Borrás en Edler (2014, 2020).

3.4 Collaborative Governance

Waar klassieke governance draait om besluitvorming en sturing van bovenaf met de overheid als regisseur, zet Collaborative Governance de deuren open voor meer samenwerking. Beleidsvorming wordt dan geen solovoortelling meer, maar een coproductie van overheden, private -en maatschappelijke partners, gebaseerd op gelijkwaardigheid, dialoog en gedeelde verantwoordelijkheid (Ansell & Gash, 2008; Emerson et al., 2012). Caniels en Romijn (2008) benadrukten al vanuit hun kritiek op SNM, dat het goed zou zijn om verschillende vormen van governance te bestuderen, zoals collaboratieve of polycentrische modellen waarin meerdere partijen, domeinen en schaalniveaus samenwerken aan socio-technische systeemverandering. Governance of Change focust namelijk vooral op institutionele verandering en systeemdynamiek, maar Collaborative Governance lijkt meer inzichtelijk te maken hoe betrokken partijen, zoals overheden, netbeheerders, projectontwikkelaars en bewoners in dialoog treden en omgaan met conflicten over belangen en macht. Ook het

gezamenlijk tot gedragen oplossingen komen, is een belangrijk punt (Ansell & Gash, 2008; Emerson et al., 2012). In de context van deze scriptie lijkt dat relevant, aangezien wederzijdse afhankelijkheden tussen actoren groot zijn en technologische én sociale innovatie samen moeten komen. Bovendien draagt Collaborative Governance bij aan legitimiteit, vertrouwen en adaptiviteit in besluitvorming i.c. complexe, onzekere transitieprocessen (Wang & Ran, 2023).

3.4.1 Collaborative Governance Theorie

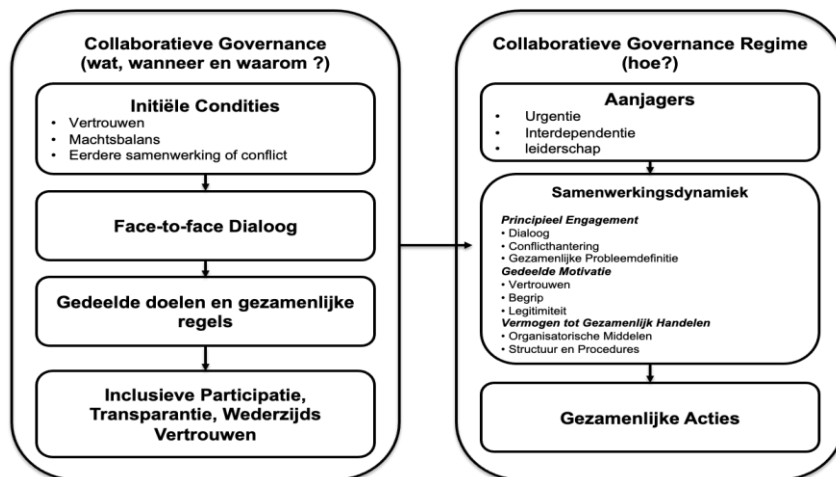
De theorie van Collaborative Governance helpt om die samenwerking tussen publieke en private partijen beter te begrijpen en vooral: effectiever te maken. Ansell en Gash (2008) beschrijven een aantal basis ingrediënten die nodig zijn om die samenwerking van de grond te krijgen. Het begint bij de start: is er sprake van wederzijds vertrouwen, een redelijke machtsbalans, en misschien al een geschiedenis van eerdere samenwerking (of juist conflict)? Als dat fundament er ligt, kan de dialoog echt beginnen. Letterlijk: face-to-face gesprekken waarin gedeelde doelen worden verkend, belangen op tafel komen en spelregels worden afgesproken. Een proces waarin inclusiviteit, transparantie, vertrouwen, gedeeld leiderschap en institutionele steun essentieel zijn om verder te komen.

3.4.2 Collaborative Governance Regime

Emerson et al. (2012) gaan nog een stap verder met hun model van het Collaborative Governance Regime (CGR). Zij leggen uit hoe die samenwerking in de praktijk werkt, en wat het in beweging zet. Dat begint bij de zogenaamde aanjagers: externe druk, interdependentie tussen partijen of krachtig leiderschap dat de samenwerking initieert. Vervolgens kom je in het hart van het model terecht: de samenwerkingsdynamiek. Die bestaat uit drie onderling versterkende processen. Allereerst principiële engagement, wat niet alleen bestaat uit constructieve gesprekken, maar ook uit het onder ogen zien van conflicten en verschillen. Dan gedeelde motivatie; het bouwen aan vertrouwen, gedeelde waarden en betrokkenheid. En ten slotte: vermogen tot gezamenlijk handelen, waarin het gaat om gedeelde middelen, structuren en afspraken die nodig zijn om tot actie over te gaan. Als die dynamiek goed werkt, ontstaat er ruimte voor concrete gezamenlijke acties, waarbij beleid, besluiten of maatregelen daadwerkelijk tot uitvoering komen. Zo laat het CGR-model in feite zien dat samenwerking geen doel op zich is, maar een proces dat stap voor stap gebouwd en onderhouden moet worden. Beter gezegd, het is een iteratief proces. Waar het Collaboratieve Governance raamwerk van Ansell & Gash vooral schetst wat het behelst, waarom het werkt en wanneer het werkt, instrueert het CGR juist hoe Collaborative Governance in de praktijk werkt, via welke processen samenwerking tot stand komt en hoe zich dit door ontwikkelt. Daarmee zijn het elkaar aanvullende kaders of anders gezegd zou je Collaborative Governance als bestuursmodel kunnen zien en CGR als het operationele systeem waarbinnen dit bestuursmodel werkt. Dit is conceptueel weergegeven in figuur 3.3.

Hoewel de Collaborative Governance theorie en CGR in de context van deze scriptie interessante kaders lijken om casuïstiek op te toetsen, lijken het op voorhand ook idealistische kaders. Continue worden inclusie, gedeelde besluitvorming en coproductie benadrukt, terwijl het in de praktijk toch anders kan zijn. Zo lijken de kaders uit te gaan van gelijkwaardigheid tussen alle verschillende actoren, terwijl bijvoorbeeld netbeheerders meer macht kunnen hebben, omdat zij feitelijk zelfstandig kunnen bepalen over aansluiting, capaciteit en de timing daarvan. Samenwerking en samen sturen vraagt bovendien de nodige tijd voor communicatie en besluitvorming, terwijl dat mogelijk niet realistisch is gelet op de urgentie van netcongestie en de achterblijvende realisatie van woningniewbouw. De tijdsdruk die ontwikkelaars ervaren, lijkt mogelijk tot afhaken in het

collectieve proces en het kiezen voor snelle en simpelere oplossingen die lange termijn samenwerking ondermijnen. Ten slotte kan ook het samenwerken vanuit de overtuiging om tot consensus en gezamenlijke oplossingen te komen, in de praktijk anders uitwerken. Er kunnen structureel conflicterende belangen zijn, waardoor de consensus en de gekozen oplossingen uiteindelijk heel oppervlakkig zijn. Een lang participatietraject kan daarmee uiteindelijk slechts een bewijs zijn van dat er daadwerkelijk participatie heeft plaatsgevonden, zonder dat er bereidheid is vastgesteld om echt een stap verder te zetten op het moment dat het lastig is. In zulke gevallen blijft de verdeling van zeggenschap en risico's van een energiehub onduidelijk of is er alleen op de korte termijn een oplossing voor de kostendekking van een collectieve voorziening als een buurtbatterij.



Figuur 3.3: Vergelijking Collaborative Governance en Collaborative Governance Regime; van inrichting naar uitvoering. Gebaseerd op Ansell & Gash (2008) en Emerson et al. (2012).

3.4.3 De relevantie van kleine successen

Ansell en Gash (2008) noemen 'intermediate outcomes' of 'early successes' als belangrijke elementen binnen collaborative governance. Dit zijn kleine, tastbare successen die voortkomen uit de samenwerking tussen actoren in een vroeg stadium. Ze hoeven niet het einddoel van de samenwerking te zijn, maar stimuleren vooral vertrouwen en betrokkenheid. Denk bijvoorbeeld aan het eens worden over een gedeelde definitie van een probleem, het vastleggen van spelregels voor samenwerking, of het realiseren van een klein gezamenlijk (deel)project. Hoewel het artikel van Bours et al. (2022) niet vanuit bestuurskundig perspectief is geschreven, maar vanuit management- en organisatiekunde, komt ook hier het belang van 'early successes' of 'small wins' aan de orde. Ze stellen dat het traditioneel innovatiebeleid vaak onvoldoende is voor het aanpakken van grote maatschappelijke uitdagingen zoals klimaatadaptatie en de energietransitie. Ze bepleiten het opzetten van kleinschalige, lokale initiatieven die een sociaal leerproces, motivatie en opschaling en systemische verandering aanjagen. Ze lijken erg overtuigd van mechanismen die kleine initiatieven versterken en verbinden met beleidsdoelen en op deze wijze helpen. Het is echter niet zomaar te zeggen dat het realiseren van kleine successen direct helpend gaan zijn in de context van woningniewbouw en energiehub.

Denk bijvoorbeeld aan een gedeelde buurtbatterij of een laadplein dat het net lokaal ontlast, maar het regionale congestievraagstuk nauwelijks verlicht. Ook zou er hierdoor terughoudendheid kunnen bestaan bij netbeheerders ten aanzien van het integreren van 'pilots' en buurtinitiatieven in bestaande systemen. Het lijkt daarnaast voorstelbaar dat blij kleine initiatieven er niet direct vanzelfsprekend eigenaarschap is. Een woningcorporatie of ontwikkelaar kan het initiatief nemen en coördinatie

voeren, maar het is daarmee niet gezegd dat bij een volgende 'pilot' dit opnieuw het geval is. Mogelijk vinden grotere partijen, zoals projectontwikkelaars en netbeheerders, bewezen grootschalige oplossingen relevanter om moeite in te stoppen, aangezien de kosten omgeslagen per woning of aansluiting daarmee wellicht ook lager kunnen worden. Een small win in de vorm van een pilot schept ook verwachtingen; als het werkt dan ontstaat er mogelijk snel draagvlak om op te schalen naar grotere aantallen woningen. Wanneer dat niet snel genoeg lukt, bijvoorbeeld vanwege wettelijke beperkingen, dan kan dit tot teleurstelling leiden waarmee het draagvlak verminderd. Small wins lijken dus kansen te bieden voor uiteindelijk systemische verandering, maar zonder bestuurlijke regie, experimenteerruimte, afbakening van een minimum schaalniveau op basis waarvan stakeholders vanuit een project overstijgend belang willen investeren ligt het gevaar van 'los zand' initiatieven op de loer. Ze zijn daarmee geen wondermiddel en in het deel van deze scriptie waar de empirie wordt behandeld, moet er dus ook kritisch worden bekeken of het schaalniveau 'wijk' een voldoende basis biedt voor het opschalen van early successes en small wins.

3.5 Common Pool Resource Management

Common pool resources (CPRs) zijn hulpbronnen die moeilijk exclusief te maken zijn (niemand kan eenvoudig worden uitgesloten), maar wel rivaliserend zijn in gebruik (gebruik door de één beperkt beschikbaarheid voor de ander). Voorbeelden zijn bijvoorbeeld visgronden, irrigatiesystemen en het elektriciteitsnet en daarbij ontstane netcongestie zouden we in aanvang ook als CPR kunnen zien. Elinor Ostrom (2008) heeft willen aantonen dat CPR's duurzaam beheerd kunnen worden door collectieve actie en zelforganisatie, mits er goede instituties en governancevormen bestaan en zogenaamde design principles. In de tijd dat Ostrom het artikel schreef, wilde de auteur te laten zien dat er naast volledig centralistisch sturen door de overheid of het privatiseren ook een 'derde' weg is voor het beheren van gedeelde hulpbronnen. Centraal in haar benadering zijn de acht ontwerpprincipes die succesvol CPR-beheer ondersteunen, waaronder duidelijke grenzen, collectieve besluitvorming, effectieve monitoring, proportionele verdeling van kosten en baten, en mechanismen voor conflictresolutie.

3.5.1 Bruikbaarheid van CPR bij netcongestie en energiehubs

Tegelijkertijd zijn er beperkingen aan de toepasbaarheid van Ostrom's model in de context van deze scriptie. Ostrom's werk lijkt in hoge mate gebaseerd op casussen in kleinschalige, relatief stabiele gemeenschappen, waar al een sociaal netwerk is. Denk bijvoorbeeld aan vissersdorpen of boeren die irrigatiesystemen delen. In de context van woningniewbouwprojecten is er echter vaak nog geen sprake van een langdurig bestaande gebruikersgemeenschap, maar zijn er vooral tijdelijke samenwerkingen tussen commerciële partijen, overheden en belangenvertegenwoordigers van toekomstige bewoners die elkaar vaak (nog) niet kennen. Ook verschilt het belang van verschillende actoren sterk. De projectontwikkelaar is feitelijk niet geïnteresseerd in participatief beheer, maar wil aan de voorkant van de ontwikkeling van een nieuwe woonwijk wel meedenken over een beheersconstructie van bijvoorbeeld een energiehub. Dat helpt mogelijk om sneller goedkeuring te krijgen van een netbeheerder om de bouw te kunnen starten en de woningen te verkopen. Een commerciële energie service partij heeft er belang bij dat de gekozen beheeroplossing op de langere termijn goed functioneert en helpt bij een voorspelbaar verdienmodel met voldoende aansluitingen. Daarnaast gaat Ostrom's model in de context van netcongestie, energiehubs en woningniewbouw scheef op de relatie tussen hulpbron en gebruikers. In de door Ostrom onderzochte cases is er een directe relatie tussen hulpbron en gebruiker, terwijl bij energiehubs er sprake is van smart grids, energiemanagementsystemen en batterijopslag die feitelijk als technologische barrière tussen de hulpbron en de gebruiker in staan.

Hoewel Wolsink (2012, 2020) verder bouwt op het gedachtegoed van Ostrom, erkent de auteur de rol van technologische oplossingen binnen decentrale energiesystemen zoals smart grids en energiehubs wel. Decentrale, hernieuwbare opwek door middel van bijvoorbeeld zonnepanelen vraagt om institutionele kaders en governance die gedragen worden door eindgebruikers. Daarmee wil de auteur benadrukken dat sociale acceptatie door middel van lokale governance en burgerparticipatie cruciaal zijn voor het slagen van technologische oplossingen. Hoe die governance dan vervolgens moet worden ingericht, blijft grotendeels onderbelicht. In zijn latere werk gaat Wolsink (2020) nog een stap verder en stelt hij dat hernieuwbare energiebronnen zoals zon en in wind in smart grids moeten worden beschouwd als 'common goods'. Daarbij pleit hij voor collectief beheer van deze bronnen en dat ze worden gedeeld binnen gemeenschappen net zoals natuurlijke hulpbronnen. Vertalen we dit naar de context van de scriptie, dan zijn er institutionele arrangementen nodig die gedragen zijn door gebruikers. Heel concreet betekent het dat energiehubs meer moeten zijn dan technische concepten. Er is volgens Wolsink institutioneel vertrouwen, lokale governance en burgerparticipatie nodig, om wrijving over eigendom, zeggenschap of toegang tot netcapaciteit te voorkomen. Daarbij wordt sociale rechtvaardigheid centraal gezet, waarbij zo veel mogelijk belanghebbenden kunnen meeprofiteren van een gedeelde energie-infrastructuur. Hoewel dit een interessante en inspirerende lens vormt op het CPR gedachtegoed, lijken ook de normen en waarden van de onderzoeker hier sterk in weerspiegeld te worden. Het door Wolsink uitgelichte belang van een democratisch gedragen systeem, neemt mogelijk de ruimte weg voor discussie over hybride governance modellen met een commerciële inslag. Door de diversiteit aan stakeholders in de context van deze scriptie, lijken juist deze modellen kansrijk om verder te onderzoeken.

3.5.2 Van CPR naar multi-level governance

Hoewel het beheer van common-pool resources (CPR-management) een goed vertrekpunt biedt voor het analyseren van collectief gebruik van netcapaciteit en energiehubs, vereist de toepassing ervan op de context van deze scriptie een herinterpretatie. We constateerden al dat de klassieke CPR-benadering van Ostrom (2008), primair is gebaseerd op kleinschalige, lokaal georganiseerde gemeenschappen en statische hulpbronnen zoals irrigatiesystemen en bossen. Energiehubs daarentegen opereren binnen technologische, institutionele en schaal overstijgende netwerken, waarin machtsverhoudingen, regelgeving en systeemdynamiek een grote rol spelen. Hierdoor schiet het oorspronkelijke model tekort als verklarings- of ontwerpraamwerk voor moderne infrastructuren.

Choe en Yun (2017) bieden een conceptuele verbreding van het CPR-denken die deze beperkingen adresseert. In hun herinterpretatie stellen zij dat moderne CPR's, zoals elektriciteitsnetwerken, digitale infrastructuren en data, niet meer effectief kunnen worden beheerd via lokale instituties alleen. Zij benadrukken dat deze hulpbronnen dynamisch, systeem gebonden en multi-level zijn, en dat hun beheer daarom moet plaatsvinden via hybride governance: een combinatie van decentrale besluitvorming en centrale coördinatie, ondersteund door wettelijke waarborgen. Deze hybride benadering vereist om te beginnen erkenning van de institutionele macht van formele actoren zoals netbeheerders, in combinatie met ruimte voor zelforganisatie door lokale energiehubs en energiegemeenschappen. Cruciaal is dat dit niet vrijblijvend gebeurt, maar wordt vormgegeven via formele afspraken tussen betrokken partijen op lokaal, regionaal en nationaal niveau.

Hiermee wordt zowel het klassieke, institutionele model van Ostrom als de sociaal-politieke benadering van Wolsink (2012, 2020) verrijkt. Wolsink legt vooral de nadruk op sociale acceptatie en participatie binnen decentrale netwerken, terwijl Choe en Yun een governance perspectief

aanrijken, dat rekening houdt met veranderende instituties, asymmetrische macht en schaal-overstijgende interacties.

Hun herdefinitie van CPR's rust namelijk op drie onderling samenhangende kenmerken:

- Multi-level: collectieve hulpbronnen worden beheerd over meerdere schaalniveaus (lokaal, regionaal, nationaal), die onderling afgestemd moeten worden.
- Systeemgebonden: CPR's zijn ingebed in verschillende domeinen – publiek, privaat en civiel – waardoor samenwerking over sectorgrenzen heen noodzakelijk is.
- Dynamisch: instituties zijn veranderlijk, en moeten zich kunnen aanpassen aan machtsverhoudingen, technologische innovaties en strategische belangen.

Deze benadering lijkt goed aan te sluiten bij de governance-uitdagingen van energiehubs.

Energiehubs vereisen lokale organisatiekracht, maar functioneren altijd binnen bredere institutionele kaders, zoals gemeentelijk beleid, netstrategieën van de regionale netbeheerder, en nationale regelgeving onder toezicht van de Autoriteit Consument & Markt (ACM). Daarbij komen we terecht op het snijvlak van energiebeleid, ruimtelijke ordening en marktrecht. Governance van energiehubs vraagt daarom om afstemming tussen partijen op meerdere niveaus en binnen meerdere domeinen. Energiehubs kunnen bovendien worden opgevat als lerende systemen, waarin monitoring, feedbackloops en regelmatige bijstelling van afspraken en processen centraal staan. Juist vanwege de dynamiek van technologische innovatie en veranderend beleid moeten ze flexibel en aanpasbaar zijn. Daarbij is het van belang dat governancevormen in staat zijn om institutionele barrières (zoals aansluitregels of eigendomsstructuren) te overbruggen en beleidskaders actief te verbinden.

Alleen via zo'n geïntegreerde, meerlagige governance aanpak lijkt de potentie van energiehubs daadwerkelijk te kunnen worden benut als oplossing voor netcongestie in woningniewbouw. Toch is er ook kritiek te geven op de benadering van Choe en Yun. Wanneer we het op afstand bekijken, komt het toch weer heel dicht in de buurt van de eerder beschreven socio-technische systeembenadering en de andere theoretische raamwerken beschreven in dit hoofdstuk. Doordat ze in hun analyse niet met echt concrete voorbeelden komen, is het moeilijk om vast te stellen wat de exacte praktische handreiking kan zijn aan beleidsmakers, energiediensten leveranciers, netbeheerders en projectontwikkelaars bij het ontwerpen van energiehubs.

3.6 Samenvattend

In dit hoofdstuk is onderzocht wat er nodig is om de implementatie van energiehubs in de woningniewbouw te laten slagen, gezien vanuit twee complementaire perspectieven: de adoptie van innovaties in complexe systemen en de samenwerking rond collectieve hulpbronnen.

Vanuit het Multi-Level Perspective (MLP) zijn energiehubs gepositioneerd als niche-innovaties binnen een dominant energiesysteem, waarin netcongestie functioneert als signaal van systeemspanning. Strategic Niche Management (SNM) maakt zichtbaar hoe visievorming, netwerkopbouw en meervoudig leren voorwaarden zijn voor het ontstaan van transitiepaden richting brede acceptatie. Deze theoretische inzichten beantwoorden de vraag onder welke omstandigheden energiehubs kunnen opschalen en doorbreken.

Aansluitend is onderzocht onder welke condities samenwerking binnen energiehubs kan ontstaan en beklijven. Het Governance of Change-raamwerk benadrukt de wisselwerking tussen beleid, actoren en legitimiteit; Collaborative Governance laat zien hoe gedeelde besluitvorming en institutioneel vertrouwen coördinatie bevorderen; en de Common Pool Resource-theorie maakt duidelijk dat

energie als collectieve hulpbron vraagt om nieuwe governance-arrangementen. Daarmee wordt duidelijk hoe samenwerking tussen partijen tot stand kan komen, en onder welke institutionele randvoorwaarden energiehubs kunnen bijdragen aan het verminderen van netcongestie.

In dit hoofdstuk zijn de verschillende theoretische kaders deels al op maat gemaakt voor de context van energiehubs. Daardoor wordt zichtbaar dat energiehubs niet slechts technologische oplossingen zijn, maar socio-technische innovaties die bestaande instituties en actornetwerken uitdagen. Beide deelvragen die horen bij dit hoofdstuk zijn daarmee beantwoord: de eerste rond innovatie en opschaling, de tweede rond samenwerking en governance.

In het volgende hoofdstuk wordt een opstap gemaakt naar de empirie. Hoofdstuk 4 beschrijft hoe het onderzoek de theoretische inzichten tot dusver zich hebben vertaald naar een toetsingskader, gebaseerd op gestructureerde interviews Dit kader vormt deels basis voor de uiteindelijke duiding in hoofdstuk 5, waarin de condities voor succesvolle energiehubs in praktijk worden getoetst aan de hand van 2 casestudy's. Daarmee is hoofdstuk de methodologische basis onder de empirische reflectie op de toepasbaarheid en haalbaarheid van energiehubs in de woningbouwpraktijk.

4. EMPIRISCH ONDERZOEK: METHODOLOGIE

Dit hoofdstuk beschrijft de methodische basis voor de empirie die in het volgende hoofdstuk wordt besproken. Er wordt voortgebouwd op de inzichten uit hoofdstuk 3. Kijken we naar de daar besproken theoretische concepten, dan valt op dat ze waardevol zijn om complexe systeemverandering te begrijpen, maar nog relatief abstract blijven. Ze bieden weinig concrete voorbeelden, institutionele blauwdrukken of direct toepasbare handvatten voor ontwerp en beoordeling. Om die reden is in het vorige hoofdstuk al geprobeerd om deze concepten 'op maat te maken' voor de context van energiehubs in woningniewbouw. Dat heeft een beter begrip opgeleverd, maar nog geen expliciet toetsingskader of hypothesen waarmee systematisch kan worden onderzocht in hoeverre een energiehubs een oplossingsrichting is voor netcongestie.

In dit hoofdstuk formuleren we daarom eerst enkele hypothesen, gevolgd door een coderingsraamwerk voor de semi-gestructureerde interviews die worden afgenomen. Aan de hand van dit coderingsraamwerk en de geluidsopnamen die er van ieder interview worden gemaakt, volgt in hoofdstuk 5 een synthese van de interviews. Hierbij zal o.a. de frequentie en mate van duiding worden aangegeven waarin bepaalde onderwerpen zijn belicht. Ook wordt in dit hoofdstuk een toetsingskader geïntroduceerd dat we eveneens in hoofdstuk 5 zullen gebruiken voor het analyseren van de genoemde casestudies. Deze aanpak is de opmaat om aan het einde van het volgende hoofdstuk scherp zicht te hebben op relevante perspectieven, barrières en kansen rondom energiehubs en de hypothesen te kunnen beantwoorden.

4.1 Onderzoeksvragen en hypothesen

De hoofdvraag van deze scriptie luidt:

'In hoeverre kan een energiehubs bijdragen aan het voorkomen of beperken van netcongestie in woningniewbouw en welke factoren beïnvloeden de implementatie en het succes van dit concept?'

Om deze hoofdvraag systematisch te onderzoeken, zijn in hoofdstuk 1 vijf deelvragen geformuleerd. Die deelvragen zijn thematisch al verdeeld over eerdere hoofdstukken (conceptuele verkenning, theoretisch kader) en vormen ook de kapstok voor de empirische delen van dit onderzoek:

De beantwoording van deze deelvragen krijgt in dit hoofdstuk verdere richting via een aantal hypothesen, die zijn afgeleid van het theoretisch kader in hoofdstuk 3 en uitwerking vinden in de praktijkvragen in het interviewprotocol (bijlage C). Het theoretisch kader bracht de concepten en inzichten uit het Multi-Level Perspective, Strategic Niche Management, Governance of Change, Collaborative Governance en Common Pool Resource Management samen. Het Multi-Level Perspective en Strategic Niche Management benadrukken dat energiehubs systemisch ontworpen moeten zijn en institutionele lock-ins moeten doorbreken (Hypothese 1 en 3). Governance of Change en Collaborative Governance wijzen op het belang van gedeelde visie, heldere rolverdeling en samenwerking tussen actoren (Hypothese 2 en 4). Tot slot benadrukken de besproken governance benaderingen dat effectieve opschaling beleid en strategie op meerdere schaalniveaus vereist (Hypothese 5).

Hypothese 1

Energiehubs kunnen een structurele bijdrage leveren aan het voorkomen van netcongestie in nieuwbouwwijken, mits ze integraal ontworpen zijn als lokale energiesystemen die de afhankelijkheid van centrale netcapaciteit minimaliseren.

Hypothese 2

De effectiviteit van energiehubs hangt af van het vermogen van gemeenten, netbeheerders, ontwikkelaars en exploitanten om vroegtijdig een gedeelde visie te ontwikkelen en afspraken te maken over eigendom, rolverdeling en governance.

Hypothese 3

De opschaling van energiehubs wordt in belangrijke mate beïnvloed door institutionele en governance-gerelateerde randvoorwaarden, zoals duidelijkheid over wetgeving, eigenaarschap en verantwoordelijkheden.

Hypothese 4

Duurzame samenwerking en gedeeld eigenaarschap zijn noodzakelijke voorwaarden om vertrouwen op te bouwen en maatschappelijke acceptatie van energiehubs te bevorderen.

Hypothese 5

Een effectieve opschaling van energiehubs vereist afgestemde beleidskaders en strategieën op lokaal, regionaal en nationaal niveau, die ruimte bieden voor experimentele en gebiedsgerichte oplossingen.

Deze hypothesen structureren de analyse in de rest van het onderzoek. Ze geven richting aan de selectie van cases, de opzet van de interviews en de interpretatie van de resultaten. Deze hypothesen zijn bewust stellig geformuleerd om in de analyse en bespreking onderzocht en genuanceerd te worden. In de volgende paragraaf zal het toetsingskader worden toegelicht dat op basis van deze hypothesen is ontwikkeld en dat in hoofdstuk 5 wordt gebruikt om de cases systematisch te beoordelen.

Om antwoord te kunnen geven op de hypothesen, is een toetsingskader ontwikkeld dat de effectiviteit en haalbaarheid van energiehubs in de context van woningniewbouw inzichtelijk maakt. De opbouw van dit kader is gebaseerd op de theoretische fundamenten uit het Multi-Level Perspectief (MLP), Strategic Niche Management (SNM), Governance of Change, Collaborative Governance en Common Pool Resource (CPR) theorie, aangevuld met het conceptuele kader voor energiehubs zoals besproken in hoofdstuk 2.

4.2 Onderzoeksmethoden en dataverzameling

In dit onderzoek is gekozen voor een kwalitatieve benadering om de complexe institutionele, technische en bestuurlijke factoren rondom de ontwikkeling van energiehubs in woningniewbouw in kaart te brengen. De keuze voor kwalitatieve methoden sluit aan bij het doel om verschillende perspectieven te verkennen, onderliggende aannames zichtbaar te maken en de praktijk te begrijpen vanuit de beleving van betrokken actoren. Het empirische materiaal is verzameld via twee samenhangende methoden: semi-gestructureerde interviews en de analyse van 2 case studies.

Semi-gestructureerde interviews

Er zijn zestien semi-gestructureerde interviews afgenomen met experts en stakeholders uit uiteenlopende domeinen zoals gemeenten, netbeheerders, projectontwikkelaars, energiebedrijven en adviesbureaus. Het interviewprotocol (zie Bijlage C) is gebaseerd op de onderzoeksvragen en theoretische concepten zoals Strategic Niche Management, Governance of Change en Collaborative Governance. In het coderingsraamwerk, zoals hieronder weergegeven, wordt duidelijk hoe de interviewvragen aansluiten bij de theoretische concepten. De interviews zijn bedoeld om inzicht te krijgen in:

- de percepties van het energiehub-concept,
- de belemmeringen en condities voor implementatie,
- de rolverdeling en samenwerking tussen actoren
- het toekomstbeeld voor potentiële opschaling

Alle interviews zijn met toestemming opgenomen met Microsoft Teams en zijn getranscribeerd. De respondenten zijn geanonimiseerd in de verdere uitwerking van dit onderzoek. Indien er duiding nodig is naar specifieke respondenten, dan is het vanuit validiteitstoetsing van dit onderzoek mogelijk om dit bij de scriptant op te vragen.

Theorie	Code	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Afbakening Ehubs	Evolutie NL Energiesysteem			x															x
	Concept Ehub				x				x										x
	Potentie Ehub		x			x			x						x				x
	Voordelen, nadelen, afwegingen		x		x	x			x						x				x
MLP	Socio-technisch regime					x		x		x	x	x	x		x	x	x	x	x
	Socio-technisch landschap					x		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
	Belemmeringen en randvoorwaarden				x	x	x	x	x					x	x				x
	Institutes en belangen	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x
	Interacties tussen MLP niveaus				x	x	x	x						x	x				x
SNM	Creëren van een niche			x		x	x												x
	Netwerkvorming					x	x			x		x		x					x
	Leren					x	x												x
	Visievorming en verwachtingen					x				x			x		x				x
	Opschaling en regime verandering				x	x	x		x						x				x
Governance	Netwerksturing					x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Rol van overheden vs. private actoren					x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Samenwerking & besluitvorming					x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Rol van eindgebruikers & communities					x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Toekomstbeeld	Opschaalbaarheid Ehub concept													x	x	x	x	x	x
	Standaardisering Ehub concept													x	x	x	x	x	x
	Alternatieven voor congestieloze woningnieuwbouw						x												x

Tabel 4.1: Coderingsraamwerk semi-gestructureerde interviews

Casestudy analyse en selectie

Tot slot is gekozen voor een casusgerichte verdieping op twee gebiedsontwikkelingen waarin het energiehub-concept expliciet is ingezet: gebiedsontwikkeling de Merwedekanaalzone in Utrecht en de Balanswijk. Deze twee casussen zijn geselecteerd op basis van hun actualiteit, beleidsambitie en mate van experimenteeruimte. Ze bieden ieder op eigen wijze inzicht in de institutionele, technische en governance-uitdagingen van energiehub in de context van woningnieuwbouw.

De Merwedekanaalzone geldt als casus waar al in een vroeg stadium van de gebiedsontwikkeling, kort voor de realisatiefase, duidelijk werd dat de gestarte ontwikkeling in gevaar kwam door verergering van de congestieproblematiek in de provincie Utrecht. In de provincies Utrecht, Gelderland en Flevoland is zowel sprake van congestie op het hoogspanningsnet (domein TenneT) als op het middenspanningsnet (domein netbeheerders Stedin, Alliander, Enexis). Dit geeft een hogere urgentie dan elders in Nederland. Marktpartijen zijn bereidwillig om tot oplossingen te komen, bijvoorbeeld door een collectieve afspraak over een gemaximeerd aansluitvermogen voor elektriciteit voor het complete gebied. Er wordt een speciale Gebiedsentiteit opgericht om capaciteit te beheren en om ervoor te zorgen dat piekgebruik gereguleerd blijft. Daarvoor is het ook noodzakelijk dat de grootverbruikers binnen het gebied deelnemen aan een zogenaamd Groepscontract (Groeps Transport Overeenkomst). Deze casus illustreert hoe een gedeelde visie, bestuurlijke stimulansen en technische innovatie elkaar kunnen versterken, maar laat ook zien waar knelpunten kunnen ontstaan in juridische verankering, fasering en draagvlak.

De Balanswijk is van een andere orde en moet worden gezien als een proeftuin die moet leiden tot een blauwdruk voor de toekomstige ontwikkeling van nieuwbouwwijken. Deze is juist interessant, omdat het initiatief voortkomt uit de gevoelde urgentie vanuit de netbeheerder en is gestart met een relatief open governance opzet. De casus biedt inzicht in de dynamiek van samenwerking tussen netbeheerders, ontwikkelaars, stedenbouwkundigen, kennisinstellingen, gemeentes en vele andere actoren bij het zoeken naar netbewuste oplossingen op wijkniveau. Initieel was de ambitie ingestoken op een nieuwbouwwijk die volledig functioneert zonder netaansluiting, maar die ambitie is later bijgesteld. Dit houdt onder andere verband met het streven naar leefbare wijken waarin ook ecologie, mobiliteit en ontmoeting en recreatie ruimte krijgen. De Balanswijk is hiermee relevant om te toetsen hoe energiehubs in verschillende institutioneel gestructureerde contexten vorm kunnen krijgen en ook welke type stakeholders er in verschillende fase nodig zijn om tot consensus voor een blauwdruk aanpak te komen.

Deze twee casussen zijn representatief voor verschillende routes naar energiehubs-implementatie en vormen een waardevolle aanvulling op de bredere kwalitatieve dataverzameling uit de interviews en observaties. In hoofdstuk 5 worden ze systematisch geanalyseerd aan de hand van het eerder gepresenteerde toetsingskader.

4.3 Toetsingskader

Het toetsingskader hieronder (tabel 4.2) maakt het mogelijk om zowel de effectiviteit van de energiehubs in het voorkomen van netcongestie te beoordelen, als de institutionele en governance-aspecten die implementatie en opschaling beïnvloeden. Door het gebruik van een toetsingsmatrix met verkeerslichtscores wordt het mogelijk om aan te tonen op welke onderdelen de geselecteerde casussen Balanswijk en Merwede Kanaalzone scoren, welke barrières optreden en waar kansen liggen voor verbetering of opschaling. Het scoren en beschouwen van casussen wordt in het volgende hoofdstuk verder uitgewerkt.

Een energiehubs wordt daarbij gedefinieerd op basis van de eerdere kenmerken zoals vastgesteld in paragraaf 2.3.1. Om het nog iets explicieter te maken is er uitgegaan van een lokaal energiesysteem waarin de opwekking, opslag, conversie en verdeling van meerdere energiedragers (zoals elektriciteit, warmte en mobiliteit) onderling zijn gekoppeld en afgestemd binnen een geografisch afgebakende omgeving, zoals een wijk of buurt (Le Dréau et al., 2023). De energiehubs fungeert als een knooppunt waarin energiestromen worden gebalanceerd tussen decentrale bronnen en eindgebruikers, zodanig dat het beroep op het centrale net wordt beperkt of vermeden (Hargroves et al., 2023). Dit vraagt om niet alleen technologische integratie, maar ook om institutionele samenwerking, gedeeld eigenaarschap, het toevoegen van waarde voor deelnemer en sociaal draagvlak.

Het toetsingskader is daarom tweeledig van aard en sluit aan bij de hypothesen:

- Het toetst de effectiviteit van een energiehubs in het verminderen van netcongestie, met aandacht voor de technische werking, systeemintegratie en het potentieel om congestie te reduceren;
- Het beoordeelt de institutionele en organisatorische randvoorwaarden die bepalend zijn voor succesvolle implementatie en opschaling, zoals vormen van governance, de afstemming tussen actoren en de juridische inbedding.

Deze opdeling weerspiegelt de hybride aard van energiehubs als zowel een technisch systeem en als een collectieve voorziening. Vanuit de CPR- theorie wordt een energiehubs in dit onderzoek

benaderd als een 'commons': een gedeelde hulpbron die alleen duurzaam kan functioneren bij aanwezigheid van institutionele spelregels, zelforganisatie en conflictbeheersing.

Het toetsingskader is ingedeeld rond **drie dimensies**:

A. Effectiviteit van de energiehubs in congestiebeperking (technisch-functioneel);

B. Institutionele haalbaarheid (governance, juridische en sociale aspecten);

C. Adoptie en opschaling binnen het bestaande regime van gebiedsontwikkeling.

Per dimensie zijn toetsingscriteria geformuleerd die voortkomen uit de literatuur en die ook passen bij de blokken uit het coderingsraamwerk. De blokken uit het coderingsraamwerk worden aangeduid met een letter:

- Afbakening Energiehubs: **A**
- MLP: **M**
- SNM: **S**
- Governance: **G**
- Toekomstbeeld: **T**

Elk criterium is voorzien van een toelichting, waarmee richting wordt gegeven aan de interpretatie tijdens de casusanalyse. Om per casus (Balanswijk Almere en Merwede Kanaalzone Utrecht) een systematische beoordeling mogelijk te maken, wordt gebruikgemaakt van een verkeerslichtsystematiek. Hierbij wordt per toetsingscriterium een kwalitatieve score toegekend:

- ■ Groen: het criterium is overtuigend ingevuld of gerealiseerd;
- ■ Oranje: het criterium is gedeeltelijk of in potentie aanwezig, maar nog onzeker of afhankelijk van verdere ontwikkeling;
- ■ Rood: het criterium ontbreekt, faalt of vormt een belemmering voor succes.

De verkeerslichtscore wordt telkens onderbouwd met een korte kwalitatieve toelichting. Hierdoor ontstaat per casus een helder profiel van sterke en zwakke punten, die de basis vormt voor een analyse van succes- en faalfactoren. De matrix maakt bovendien vergelijking tussen casussen mogelijk en ondersteunt de beantwoording van de hoofdvraag van deze scriptie.

Dimensie	Toetsingscriterium	Score en toelichting (Groen Oranje Rood)	Beschrijving criterium
A. Effectiviteit energiehubs	Nicheskwaliteit (S,T)		In hoeverre is de energiehubs technisch robuust, integraal ontworpen en in staat om decentrale productie en consumptie te balanceren.
A.Effectiviteit energiehubs	Netontlasting (A)		Mate waarin de energiehubs leidt tot minder netbelasting, bijvoorbeeld door lokale opwekking, opslag en verbruik.
A.Effectiviteit energiehubs	Systemische integratie (M,S)		De mate waarin de energiehubs lokaal én in samenhang met het centrale net functioneert (holonisch ontwerp).
A.Effectiviteit energiehubs	Configuratie 'achter de meter' (A)		Aanwezigheid van slimme aansturing van apparaten in woningen om pieken in de wijkvraag te verminderen.
A.Effectiviteit energiehubs	Beoogde congestie-oplossende werking bewezen? (A, T)		Empirisch of modelmatig bewijs dat de energiehubs daadwerkelijk netcongestie voorkomt of vermindert.
B.Institutionele haalbaarheid	Governancevorm (G)		Duidelijkheid over eigenaarschap, verantwoordelijkheden en juridische structuur van de energiehubs.
B.Institutionele haalbaarheid	Vertrouwen en gezamenlijke ambitie (S, G)		Mate van gedeelde visie, vertrouwen en bereidheid tot samenwerking tussen stakeholders.
B.Institutionele haalbaarheid	Spanning met bestaande wetgeving (M, S)		Belemmeringen door huidige wet- en regelgeving, bijv. rondom energie delen of eigendom.
B.Institutionele haalbaarheid	Organisatiegraad en regierol (S, G,)		Aanwezigheid van een coördinerende partij met doorzettingsmacht (bijv. ontwikkelaar of gemeente).
B.Institutionele haalbaarheid	Sociale rechtvaardigheid & inclusie (G)		Mate waarin bewoners en kwetsbare groepen betrokken zijn bij besluitvorming en/of meedelen in voordelen.
B.Institutionele haalbaarheid	Mate van gemeenschappelijk beheer/ CPR-structuur (G)		Aanpak waarbij energie als collectieve hulpbron wordt gedeeld, met afspraken over gebruik en conflictbeheersing.
C.Adoptie & schaalbaarheid	Rijpheid binnen regime (M,S)		Inpassing van de energiehubs binnen bestaande routines en processen van gebiedsontwikkeling.
C.Adoptie & schaalbaarheid	Actorconfiguratie en alignment (M,S)		Afstemming van belangen, rollen en tijdslijnen van betrokken actoren.
C.Adoptie & schaalbaarheid	Institutionele lock-ins of 'path dependencies' (M, S)		Belemmeringen door bestaande routines, processen of regelgeving.
C.Adoptie & schaalbaarheid	Ruimtelijk en financieel beslag (S, T)		Beoordeling van ruimtebeslag en investeringsbehoefte in relatie tot de woningbouwpraktijk.
C.Adoptie & schaalbaarheid	Opschaalbaarheid naar andere contexten (T)		Mate waarin het energiehubs concept uit de casus ook toepasbaar is in andere wijken of projecten.

Tabel 4.2: Toetsingskader Energiehubs, 2025.

4.4 Validiteit en betrouwbaarheid

De gehanteerde onderzoeksmethode biedt waardevolle inzichten in de stand van zaken rondom energiehubs, met name doordat deze in staat is onderliggende spanningen, uiteenlopende perspectieven en impliciete aannames zichtbaar te maken. Tegelijkertijd is het belangrijk om stil te staan bij de beperkingen die deze aanpak met zich meebrengt, met name waar het gaat om de betrouwbaarheid en validiteit van de resultaten, én de risico's op verschillende vormen van bias.

Een eerste vorm van bias is interpretatiebias: de thematische synthese in paragraaf 4.4 is tot stand gekomen op basis van semigestructureerde interviews, waarbij het betekenis toekennen aan uitspraken en het verbinden van losse observaties vraagt om subjectieve duiding. Hoewel deze interpretaties zijn onderbouwd met citaten, is de weging van wat als representatief of richtinggevend wordt beschouwd mede afhankelijk van de blik van de onderzoeker.

Een tweede risico is selectiebias. De selectie van geïnterviewde actoren is doelgericht geweest, met het oog op een breed scala aan perspectieven. Toch kan niet worden uitgesloten dat bepaalde actortypen, regio's of projectfasen ondervertegenwoordigd zijn. Dit kan ertoe leiden dat bepaalde thema's zwaarder of juist lichter wegen dan in de praktijk het geval is. Ook geldt dat sommige respondenten spraken vanuit een specifieke casus of project, waardoor hun antwoorden niet altijd generiek toepasbaar zijn.

Daarnaast is er kans op confirmation bias, zeker bij de doorvertaling van de interviews naar de toetsing van casussen in hoofdstuk 5. De analyse is deels gebaseerd op inzichten uit de literatuur, en deels op verwachtingen die voorafgaand aan het veldwerk zijn geformuleerd. Er bestaat een risico dat interpretaties die overeenkomen met deze verwachtingen zwaarder worden meegewogen, en afwijkende signalen onderbelicht blijven.

De zogenaamde verkeerslichtscores die in hoofdstuk 5 worden toegekend op basis van kwalitatieve toetsingskader vormen een bruikbaar hulpmiddel om bevindingen te structureren. Tegelijkertijd zijn deze scores vatbaar voor subjectieve invulling, mede doordat de onderliggende criteria niet scherp zijn geoperationaliseerd. Dat betekent dat verschillen in score meer zeggen over de inschatting van waarschijnlijkheid of urgentie dan over objectieve aanwezigheid of afwezigheid van een bepaald kenmerk.

Om deze risico's beheersbaar te maken, is het van belang transparant te zijn over de aannames en duidingen die ten grondslag liggen aan de toetsing. Daarom zullen de toetsingsuitkomsten worden voorgelegd aan een tweetal betrokken experts of respondenten om ze te valideren. Dit helpt om over interpretatie te voorkomen en de betrouwbaarheid van conclusies in hoofdstuk 5 te vergroten.

Hoewel de gekozen aanpak geschikt is om complexiteit en nuance te vangen, vraagt zij om voortdurende alertheid op mogelijke bias en methodologische vertekening. Hoofdstuk 5 moet daarom niet worden gelezen als een absolute beoordeling van cases, maar als een gefundeerde en transparante poging om op basis van bestaande inzichten een plausibele inschatting te maken.

4.5 Methodologische verantwoording

De gekozen onderzoeksopzet sluit aan bij gevestigde methodologische inzichten in kwalitatief onderzoek. Voor de casestudyanalyse is aangesloten bij het werk van Robert Yin (2018), die benadrukt dat embedded multiple case studies bijzonder geschikt zijn om complexe sociale en institutionele verschijnselen te analyseren in hun context. De keuze om zowel de Merwedekanaalzone als de Balanswijk te onderzoeken, weerspiegelt deze benadering: beide casussen fungeren als ingebedde analyse eenheden waarin instituties, governance en technische randvoorwaarden samenkomen.

De interviews zijn opgezet in lijn met de benadering van Kvale en Brinkmann (2009), die interviews beschouwen als kennis producerende gesprekken. Het semi-gestructureerde karakter maakt het mogelijk om vooraf gedefinieerde thema's (afgeleid van het theoretisch kader) te combineren met ruimte voor doorvragen en betekenisgeving door de geïnterviewde zelf. Daarmee zijn de interviews niet louter een manier om gegevens te verzamelen, maar ook een interactief proces waarin nieuwe inzichten voor de onderzoeker ontstaan.

Ten slotte is de bredere onderzoeksstrategie versterkt door de inzichten van Bryman (2016) over kwalitatief sociaalwetenschappelijk onderzoek. Bryman benadrukt het belang van theoretische gevoeligheid en reflexiviteit: eigenschappen die in dit onderzoek zijn toegepast door enerzijds het

gebruik van coderingsraamwerken die direct teruggrijpen op theorie, en anderzijds door kritisch te reflecteren op de rol van de onderzoeker in interpretatie en duiding (zie paragraaf 4.4).

Door deze methodologische keuzes te verbinden aan gevestigde literatuur is gewaarborgd dat het empirisch onderzoek niet alleen praktisch relevant is, maar ook theoretisch en wetenschappelijk verantwoord.

4.6 Samenvattend

In dit hoofdstuk is de methodische basis gelegd voor het empirisch onderzoek naar de rol van energiehubs bij het voorkomen van netcongestie in woningniewbouw. Op basis van de inzichten uit hoofdstuk 3 zijn vijf hypothesen geformuleerd die richting geven aan de analyse en de vertaalslag maken van abstracte theoretische concepten naar toetsbare verwachtingen in de praktijk. Om deze hypothesen systematisch te onderzoeken, is een toetsingskader ontwikkeld dat zowel de technische effectiviteit van energiehubs als de institutionele en governance condities beoordeelt. Het kader hanteert een verkeerslichtsystematiek en maakt vergelijking tussen casussen mogelijk.

De dataverzameling bestaat uit zestien semi-gestructureerde interviews met betrokken actoren en de analyse van twee representatieve casussen: de Merwedekanaalzone en de Balanswijk. De interviews leveren inzicht in percepties, randvoorwaarden en barrières, terwijl de casussen meer verdieping bieden in de dynamiek van samenwerking, juridische verankering en opschaling. Hiermee wordt de koppeling gelegd tussen theoretische verwachtingen en empirische observaties.

Ook is in dit hoofdstuk stilgestaan bij de validiteit en betrouwbaarheid van de gekozen aanpak. Hoewel de kwalitatieve benadering waardevol is voor het blootleggen van perspectieven en spanningen, brengt zij ook risico's van interpretatie- en selectiebias met zich mee.

Dit hoofdstuk is een brug tussen theorie en empirie. In het volgende hoofdstuk volgt eerst een synthese van de interviews en wordt vervolgens het toetsingskader toegepast op de casussen, zodat zichtbaar wordt welke factoren bepalend zijn voor de effectiviteit en haalbaarheid van energiehubs en in hoeverre de hypothesen standhouden.

5. SYNTHESE EN ANALYSE

In dit hoofdstuk worden de empirische bevindingen van het onderzoek gepresenteerd en geanalyseerd. Waar hoofdstuk 4 de methodische basis heeft gelegd in de vorm van hypothesen, een coderingsraamwerk en een toetsingskader, staat hier de toepassing daarvan centraal. Daarmee vormt dit hoofdstuk een belangrijk element van het onderzoek: het laat zien hoe energiehubbs in de praktijk worden ervaren, welke kansen en barrières actoren signaleren, en in hoeverre de geformuleerde hypothesen standhouden.

De analyse volgt een stapsgewijze opbouw. Allereerst wordt in paragraaf 5.1 een thematische synthese gegeven van de zestien interviews, waarbij de belangrijkste technologische, juridische, sociaal-maatschappelijke, governance-, financiële en toekomstgerichte aspecten aan bod komen. Dit deel sluit af met een integrerende reflectie waarin rode draden, spanningsvelden en blinde vlekken zichtbaar worden gemaakt.

Vervolgens worden in paragraaf 5.2 de twee casussen, de Merwedekanaalzone en de Balanswijk, kort beschreven, waarna ze in paragraaf 5.3 systematisch worden beoordeeld aan de hand van het eerder geïntroduceerde toetsingskader. In paragraaf 5.4 worden de bevindingen uit interviews en casussen geïntegreerd en geïnterpreteerd, zodat duidelijk wordt welke patronen en verschillen zich voordoen.

Daarna wordt in paragraaf 5.5 nagegaan in hoeverre de vijf hypothesen uit hoofdstuk 4 door de empirische bevindingen worden bevestigd, genuanceerd of verworpen. Paragraaf 5.6 presenteert de nieuwe inzichten die dit onderzoek oplevert, zowel voor de praktijk van energiehubbs als voor de theoretische kaders waarop dit onderzoek is gebaseerd. Het hoofdstuk sluit in paragraaf 5.7 af met een samenvatting die de brug vormt naar de conclusies en discussie in hoofdstuk 6.

5.1 Synthese van de interviews

Voor dit onderzoek zijn zestien semi-gestructureerde interviews afgenomen met actoren die direct of indirect betrokken zijn bij energiehubbs of energie-infrastructuur in woningbouwontwikkelingen. Het betrof een gevarieerde groep: medewerkers van gemeenten, netbeheerders, projectontwikkelaars, woningcorporaties, energiecoöperaties, adviesbureaus, kennisinstellingen en marktpartijen. De interviews volgden een vaste structuur op basis van het interviewprotocol (bijlage C), waarbij vooraf een werkdefinitie van het concept 'energiehub' werd gedeeld via de mail. De focus lag op het schaalniveau van een wijk. Respondenten werden bevraagd op hun betrokkenheid, visie en ervaringen met energiehubbs in relatie tot het voorkomen van netcongestie in nieuwbouwwijken.

In deze paragraaf worden de resultaten thematisch besproken, in overeenstemming met de structuur van het interviewprotocol. Per thema wordt gereflecteerd op opvallende patronen, accenten en zaken die juist ontbreken in de antwoorden. Een en ander is onderbouwd met citaten van verschillende actortypen. In paragraaf 5.1.7 volgt een integrerende reflectie op de rode draden en de spanningsvelden die in de gesprekken naar voren kwamen.

5.1.1 Technologische en ruimtelijke aspecten

Respondenten zien technologie in de meeste gevallen niet als het knelpunt voor de ontwikkeling van energiehubbs. In 13 van de 16 interviews werd expliciet benadrukt dat de techniek in principe beschikbaar is. De benodigde oplossingen, zoals lokale opslag, slimme sturing van vraag en aanbod, en hybride netten, worden technisch haalbaar geacht. Wel wijzen meerdere respondenten op de noodzaak van integratie tussen technieken en partijen. Dit punt kwam terug in 11 interviews. "De techniek is er wel, het gaat nu om het verbinden van systemen, belangen en timing", aldus een ontwikkelaar die betrokken is bij Merwedekanaalzone. Een gemeentelijk ontwikkelmanager in de

energietransitie stelt: “Je moet het wel zien als een geheel, warmte en elektriciteit zijn allebei onderdeel van een toekomstbestendig energiesysteem.” Een integrale benadering van warmte en elektriciteit werd in 9 van de gesprekken benadrukt.

Ook wordt erop gewezen dat techniek zich sneller ontwikkelt dan regelgeving of governance. In 8 interviews werd slimme sturing of flexibiliteit op lokaal niveau als cruciaal aangemerkt. Een innovatieadviseur bij een netbeheerder stelt: “Onze netten kunnen veel aan, maar zonder slimme sturing en flexibiliteit op lokaal niveau gaan we het niet redden. Hoe meer je optimaliseert op het laagspanningsnet waar energiehubs zich zullen bevinden, hoe minder het energiesysteem uiteindelijk gaat kosten.”

Een veelgehoorde zorg is dat energiehubs te veel als ‘losse technische pilot’ worden benaderd. Dat werd in 6 interviews expliciet genoemd. Een projectontwikkelaar merkt op: “Het mag niet alleen techniek zijn. Zonder mensen die het snappen, regie nemen en ermee willen werken, valt het systeem stil.”

Over het algemeen wordt de technische haalbaarheid van energiehubs door respondenten niet betwijfeld. De vraag is wel wie de regie pakt op het ontwerp, de koppeling van systemen en de betrouwbaarheid van levering. In 7 interviews werd dit punt expliciet gemaakt. De respondenten geven aan dat het ontwerp van een energiehubs vaak maatwerk vergt, afhankelijk van de locatie, de dichtheid van bewoning, energievraag en lokale infrastructuur. Maatwerk werd door 5 respondenten genoemd. De integratie van warmte, elektriciteit en opslag in één wijkoplossing technisch goed regelen lijkt mogelijk, mits er vroeg in het ontwikkelproces keuzes worden gemaakt.

Een opvallend punt is de beperkte aandacht in de interviews voor het fysieke ruimtebeslag van energiehubs. Slechts 2 respondenten brachten dit spontaan naar voren. Hoewel dit in de grijze literatuur expliciet wordt benoemd als potentieel knelpunt (denk aan benodigde installatieruimte voor warmtebuffers of batterijen), werd het onderwerp nauwelijks spontaan geadresseerd in de gesprekken. Het kan zijn dat gelet op de integraliteit en complexiteit rondom energiehubs andere aspecten als relevanter en meer randvoorwaardelijk worden gezien om te komen tot een energiehubs. Dat vraagt dan om een vervolgonderzoek onder respondenten om een rangorde aan te brengen in deze aspecten.

5.1.2 Juridische en wetgevingsaspecten

De juridische complexiteit rond eigenaarschap en regelgeving wordt breed erkend als barrière. In 12 van de 16 interviews werd dit expliciet benoemd. Meerdere respondenten benoemen de gebrekkige aansluiting van bestaande wetgeving (Energiewet) op bijvoorbeeld collectieve energievoorzieningen. Een gemeentelijk adviseur verduurzaming in gebiedsontwikkeling merkt op: “We lopen telkens tegen grenzen aan van wat mag. Coöperaties en ontwikkelaars weten niet zeker of ze wel mogen leveren of salderen.”

Een adviseur die woningcorporaties helpt verduurzamen wijst op de onzekerheid rond exploitatie: “Wie is juridisch aansprakelijk bij storing of misbruik? Een energiecoöperatie is niet per definitie ingericht op langdurige eigendom en exploitatie van technische assets.” Een andere respondent die energieadviseur bij een woningcorporatie is, stelt: “Als het mis gaat, wie staat er dan garant en hoe raakt dit huurders? Het moet niet zo zijn dat de kleinste portemonnees het hardste worden geraakt door de financiële consequenties.” Zorgen over aansprakelijkheid en de gevolgen voor huurders en bewoners werden in 7 interviews aangestipt.

Een terugkerend punt is dat wet- en regelgeving te traag en te rigide is om innovatieve praktijken zoals energiehubs te ondersteunen, waarbij er een wens is voor experimenteerruimte. In 10 van de interviews werd expliciet gesproken over het gebrek aan flexibiliteit in de Energiewet en de rol van de ACM. Meerdere respondenten wijzen op de rol van ACM (Autoriteit Consument en Markt) en de netcodes als remmende factor. Netcodes zijn technische specificaties die regels en voorwaarden bevatten voor het functioneren van het elektriciteitsnet, het aansluiten van gebruikers en het transporteren van elektriciteit. Een gemeentelijk projectmanager die betrokken is bij de totstandkoming van energiehubs zegt: “De wil is er, maar als de regels niet mee kunnen bewegen, stopt het alsnog.”

De afdronk van de respondenten is dat de juridische positie van een hub nog in ontwikkeling is en dat het nog niet volledig is uitgekristalliseerd hoe lokaal opgewekte stroom met verschillende afnemers in een wijk mag worden gedeeld. Dit werd in 9 interviews benoemd. Naast de netcodes hangt dit samen met de beschreven marktrollen in de Energiewet die nog als te beperkt worden ervaren.

Interessant is dat weinig respondenten concreet zijn over oplossingsrichtingen binnen het juridische domein. Slechts 3 respondenten kwamen met suggesties om wetgeving proactief aan te passen, maar ook nog zonder heel concrete suggesties. Er worden barrières aangedragen, maar er klinken weinig ideeën over hoe wetgeving daadwerkelijk versneld of verbeterd zou kunnen worden. Dit wijst mogelijk op een afwachtende houding of op onbekendheid met juridische instrumenten.

5.1.3 Sociaal-maatschappelijke aspecten

Hoewel het thema maatschappelijke participatie, betrokkenheid en acceptatie expliciet werd bevraagd in het interviewprotocol, bleek het een onderwerp dat door veel respondenten niet spontaan werd aangesneden. In slechts 5 van de 16 interviews kwam dit thema spontaan naar voren. Dit wijst mogelijk op een impliciete veronderstelling: de sociale component wordt nog te vaak als afgeleide beschouwd, eerder dan als een bepalende factor in het succes van energiehubs. Toch kwamen in de interviews diverse sociaal-maatschappelijke spanningen, zorgen én kansen aan het licht.

Bij (semi-)publieke partijen speelt op de voorgrond ook het rechtvaardigheidsprincipe. Dit werd door 6 respondenten benoemd. Een gemeentelijk ontwikkelmanager energietransitie benadrukt: “De energietransitie inclusief energiehubs moet wel betaalbaar blijven. Als gemeente staan wij voor het verminderen van sociale en economische verschillen.” Een energieadviseur bij een woningcorporatie waarschuwt: “Bewoners willen comfort en duidelijkheid over lasten. Als je hen opzadelt met abstracte keuzes over energieverbruik, dan haakt men af.”

Sommige respondenten pleiten voor echte betrokkenheid en mede-eigenaarschap van nieuwe bewoners in een energiehubs, maar anderen vinden dat nog ingewikkeld. Eigenaarschap en participatie van bewoners werden in 7 interviews expliciet genoemd. De voorstanders, een energieadviseur actief betrokken bij de realisatie van nieuwbouwappartementencomplexen en een directeur van een energiecoöperatie, benadrukken dat eigenaarschap zorgt voor meer dialoog en draagvlak. Een ontwikkelaar actief in een binnenstedelijke gebiedsontwikkeling waar netcongestie speelt, haalt aan: “De toekomstige bewoners komen feitelijk pas vanaf start bouw in beeld. Je wilt eigenlijk klankborden over hun wensen, maar tegelijkertijd haal je daarmee nog meer complexiteit naar je toe. Uiteraard moeten ze in de exploitatiefase wel op een gepaste manier worden meegenomen in de gebiedsvereniging die wordt opgericht.”

Wat opvalt is dat de sociale aspecten veel worden benoemd, maar weinig worden geoperationaliseerd. In 9 interviews werd dit punt aangestipt: sociale inbedding is eerder wens dan werkelijkheid. Er zijn nog nauwelijks voorbeelden van systemen waarbij bewoners daadwerkelijk langdurig betrokken blijven in exploitatie of besluitvorming.

Het risico van uitsluiting kwam opvallend weinig aan bod. Slechts 1 respondent benoemde dit expliciet. Dat betrof mogelijke ongelijkheid tussen eigenaren van koopwoningen en huurders, of tussen digitaal vaardige en minder vaardige bewoners.

Samenvattend lijkt het sociaal-maatschappelijk draagvlak voor energiehubs allerm minst vanzelfsprekend te zijn. Bewonersparticipatie wordt wel gewenst, maar zelden al doordacht ingevuld of het wordt geparkeerd als te ingewikkeld in de planfase om pas in de exploitatiefase over te gaan nadenken. De rol van burgers als mede-eigenaar, afnemer of beslisser blijft onduidelijk. In 11 interviews werd gewezen op dit gebrek aan concreet sociaal ontwerp. Zonder bewust sociaal ontwerp lijkt er een risico te bestaan dat de energiehubs technisch slaagt, maar maatschappelijk strandt.

5.1.4 Governance en samenwerking

Een van de meest dominante thema's in de interviews is governance: de spelregels, afspraken, eigendomsverhoudingen en rolverdeling die bepalen of en hoe een energiehubs tot stand komt. Vrijwel alle geïnterviewden benadrukken dat de institutionele setting rond energiehubs nog volop in ontwikkeling is, wat resulteert in onzekerheid en vertraging. Governance wordt zelden als een op zichzelf staand thema besproken, maar is impliciet verweven in discussies over samenwerking, eigenaarschap, contractvorming, juridische knelpunten en mandaat. In 14 van de 16 interviews werd governance expliciet of impliciet als doorslaggevende factor genoemd.

De behoefte aan een onafhankelijke regisseur of programmamanager wordt breed gedeeld. Dit kwam naar voren in 10 interviews. Een projectontwikkelaar stelt: "Zonder iemand die het overzicht houdt en partijen bij elkaar brengt, valt een initiatief voor een energiehubs al snel stil." Vanuit gemeenten klinkt bovendien zorg over de toekomstbestendigheid: "Je maakt voorafgaand aan realisatie van een nieuwe woonwijk afspraken met ontwikkelaars, netbeheerders etc. Maar straks wonen er mensen die mee moeten doen en onderdeel zijn van een oplossing." Het is voor veel partijen nog lastig om te bedenken hoe toekomstige energie-arrangementen eruit moeten komen te zien.

Opvallend is dat respondenten wel degelijk een regierol zien voor specifieke actoren. In 7 van de 16 interviews werd de gemeente of overheid genoemd, in 5 gevallen de netbeheerder en in 4 gevallen nieuwe marktpartijen of energiebedrijven. Een energie-dienstenadviseur stelt: "Nieuwe energiebedrijven ontstaan uit technische dienstverleners en leveranciers van energieopslagoplossingen. Zij pakken een rol om een gebied of buurt compleet vrij van netcongestie te maken." Andere respondenten geloven in partijen die een compleet systeem exploiteren en richting bewoners de regie nemen.

Wat mist in de reflecties is aandacht voor interne governance binnen een energiehubs. Slechts 3 respondenten benoemden dit expliciet. Wie bepaalt onderling de regels, hoe worden besluiten genomen, wie controleert het functioneren? Omdat er een groot verschil is tussen de realisatiefase en de exploitatiefase, lijkt dit vraagstuk vaak vooruitgeschoven te worden. Energie-gemeenschappen zouden hier mogelijk een brugfunctie in kunnen vervullen.

De rol van energiegemeenschappen in relatie tot energiehubs wordt zeer verschillend bekeken. In 6 interviews werd dit onderwerp besproken, vaak met uiteenlopende visies. Een directeur van een energiecoöperatie stelt: “Een energiehubs is een complex systeem, je kunt vooraf moeilijk voorspellen wat de lokale bijdrage of belasting aan het bovenliggende energiesysteem gaat zijn. Je hebt daarom een sterke gemeenschap met bijbehorende governance nodig.” Tegelijkertijd wordt de versnippering van initiatieven als knelpunt gezien. In 8 interviews werd gebrek aan landelijke coördinatie benoemd.

Wat opvalt, is dat er nauwelijks gereflecteerd wordt op mogelijke veranderstrategieën binnen bestaande institutionele kaders. Bezien vanuit het Governance of Change-raamwerk, blijven veel interviews steken in symptoombeschrijvingen. De impliciete verwachting is vaak dat “de overheid het moet regelen” – dit werd in 11 van de 16 interviews letterlijk of impliciet benoemd – zonder dat duidelijk wordt gemaakt welke overheidslaag, via welk instrument, hierin het voortouw zou moeten nemen. Daarnaast worden netbeheerders regelmatig genoemd als partijen die door hun terughoudendheid of trage besluitvorming de dynamiek afremmen. Dit werd door 9 respondenten benadrukt.

De rode draad is dat het gebrek aan een duidelijke governance-architectuur het voor energiehubs lastig maakt om op te schalen. Er lijkt behoefte te bestaan aan heldere kaders, een gedeeld begrippenkader en flexibele samenwerkings- en contractvormen die samenwerking tussen publieke en private partijen faciliteren. Wat ontbreekt, is strategische reflectie op institutionele vernieuwing en op het eigenaarschap van het transitieproces zelf. Veel respondenten signaleren barrières, maar weinigen doen voorstellen om deze daadwerkelijk te doorbreken vanuit hun eigen positie.

5.1.5 Financiële en economische aspecten

Een belangrijk thema dat terugkomt in de interviews is de (on)duidelijkheid over de businesscase van energiehubs, en de bredere economische condities waaronder deze initiatieven kunnen worden opgeschaald. In 13 van de 16 interviews werd de onduidelijkheid over de businesscase expliciet benoemd. Vrijwel alle geïnterviewde actoren gaven aan dat er een grote wens is dat energiehubs op termijn rendabel opereren, maar dat de initiële investeringen, het verdienmodel en de allocatie van kosten en baten op dit moment nog onvoldoende helder zijn. Dit wordt als een risico gezien, zeker in de vroege planfase waarin veel keuzes nog onzeker zijn en het ook onduidelijk is wie welke investeringen gaat doen.

Een projectleider netbewuste nieuwbouw die voor grote gemeentes werkt, merkt op dat hij richting de toekomst een meer centrale rol ziet weggelegd voor congestie service providers die optreden als schakel tussen netbeheerders enerzijds en marktpartijen en geaggregeerde vermogens (bijvoorbeeld vanuit een energiegemeenschap) anderzijds. “Zij kunnen de regie nemen over een energiehubs, handelen op de energiemarkt en ook de juiste assets realiseren en daarvoor financiering zoeken. Dat is voor financiers ook makkelijker wanneer de regie en de risico's in een hand zitten.”

Verschillende respondenten geven aan dat coöperaties of burgercollectieven in de praktijk vaak een belangrijke drager kunnen zijn van energiehubs, maar dat zij door banken als risicovol worden beschouwd. Dit werd door 8 respondenten benoemd. Dit komt onder andere doordat coöperaties vaak weinig eigen vermogen hebben, geen zekerheden kunnen bieden en sterk afhankelijk zijn van vrijwillige inzet.

Een ontwikkelaar merkt op dat het onduidelijk is wie welke investeringskosten draagt en of die terug te verdienen zijn: “De aansluitkosten, de transformator, de opslag, de slimme sturing, de participatie

in een warmtenet, dat is een flinke lijst aan uitgaven. En wie betaalt wat, en wanneer, dat is nog helemaal niet scherp.” Kostenonduidelijkheid werd door 9 van de 16 respondenten genoemd. Tegelijkertijd leeft er bij meerdere respondenten de overtuiging dat degenen die aan het begin instappen bij een energiehub, niet degenen zijn die ook in exploitatiefase betrokken blijven.

Een strategisch adviseur in lokale energietransities stelt dat “ontwikkelaars op een gegeven moment uitstappen en dat bewonerscollectieven en verhuurders dan instappen, zonder zich goed bewust te zijn van de financiële verplichtingen die dat met zich meebrengt.” Dit patroon, de verschuiving van verantwoordelijkheden tussen fasen, werd door 6 respondenten geschetst. Een innovatiemanager bij een netbeheerder merkt op: “De partijen die als eerste hun nek uitsteken op het gebied van energiehub worden vaak geholpen door subsidies en experimenteeruimte. Maar de directe volgers betreden ook nog geen gestandaardiseerd pad. Dus is het belangrijk dat er voor die partijen ook voorbij het ‘tipping point’ (financiële) ondersteuning is.”

Een ander spanningsveld ligt in de onzekerheid over toekomstige regelgeving en heffingen. In 7 interviews werden zorgen geuit over de salderingsregeling, energiebelasting of heffingen. Verschillende respondenten vrezen dat dit het rendement of zelfs de haalbaarheid van energiehub kan ondermijnen en de betaalbaarheid van de energierekening voor bedrijven en huishoudens onder druk kan zetten.

In het verlengde daarvan ligt het punt dat er nog weinig financiële prikkels zijn die energiehub expliciet lijken te stimuleren. Slechts 4 respondenten benoemden dit. Projectontwikkelaars krijgen doorgaans geen hogere grondwaarde of meerwaarde op de woningprijs terug voor duurzame energieoplossingen die ‘onder de motorkap’ zitten. Het ontbreken van waardecreatie of waarde herkenning in het financiële model van bijvoorbeeld vastgoedtaxaties maakt dat duurzame ambities in energiehub niet automatisch de overhand krijgen bij gebiedsontwikkeling.

Hoewel de economische logica van energiehub in de toekomst kansrijk wordt geacht, wordt de huidige praktijk geremd door onzekerheden in businesscases, beperkte financierbaarheid van coöperatieve structuren en een beperkt zicht op stabiel beleid en prikkels. In totaal gaven 12 van de 16 respondenten aan dat deze structurele aandachtspunten niet binnen individuele projecten kunnen worden opgelost.

5.1.6 Toekomstbeeld en schaalbaarheid

De geïnterviewde experts tonen zich overwegend positief over de toekomstige rol van energiehub in het Nederlandse energiesysteem, mits de juiste voorwaarden worden geschapen. In 12 van de 16 interviews werd een positief toekomstbeeld geschetst, vaak gekoppeld aan randvoorwaarden zoals duidelijke kaders en langjarige consistentie. Energiehub worden gezien als een potentieel opschaalbaar concept voor de energietransitie, met name in de context van woningnieuwbouw en netcongestie. De respondenten verwachten dat de komende jaren bepalend zijn voor het al dan niet institutionaliseren van de energiehub als standaardaanpak op wijkniveau.

Verschillende respondenten schetsen een toekomst waarin energiehub de stap maken van innovatieve pilot naar structureel onderdeel van gebiedsontwikkeling, maar waarschijnlijk niet in de vorm van een ‘standaard’ energiehub. Een vergelijkbare visie, waarin men rekent op varianten of formats in plaats van één blauwdruk, werd in 9 interviews genoemd. Een innovatiemanager bij een regionale netbeheerder schetst een menukaart of een reisgids: “Een standaard aanpak met meerdere formats op het gebied van tooling, contracten en randvoorwaarden die je kunt gebruiken.”

Wel klinkt er bij sommige respondenten scepsis over de mate waarin een toekomstbeeld met een gestandaardiseerde aanpak realistisch is binnen het huidige institutionele landschap. Dit punt werd door 6 respondenten benoemd. Een gemeentelijk ontwikkelmanager energietransitie geeft aan: “Om op te schalen wil je dat op een gegeven moment het speelveld rondom een energiehub is uitgekristalliseerd met logische rollen. Dan zijn deze namelijk een gegeven en hoeft het minder een overweging te zijn om een rol aan te nemen.”

Een veelgenoemd knelpunt bij schaalbaarheid is de huidige versnippering in beleid, kaders en verantwoordelijkheden. In 11 interviews werd dit expliciet als barrière benoemd. Zowel op lokaal als nationaal niveau is er volgens meerdere respondenten geen eenduidig beleidskader dat energiehubbs ondersteunt. Wat ontbreekt is een duidelijke, bovenregionale of lokale visie. Een gemeentelijke projectmanager energiehubbs benadrukt: “De principes van netbewust bouwen zouden in ieder geval altijd het uitgangspunt moeten zijn binnen een bepaalde geografische scope. Gemeentes en netbeheerders moeten dat gewoon eisen aan de voorkant en moeten daarvoor ook de standaardcontracten en inzichten hebben klaarliggen.”

Daarnaast benadrukten verschillende respondenten het belang van consistent beleid door de tijd heen. Dit werd in 7 van de 16 interviews benoemd. Anders lonen investeringen in schaalbare oplossingen door marktpartijen, bijvoorbeeld in specifieke technische oplossingen, ook niet. Dat betekent dat de principes van netbewust bouwen langjarig moeten worden vastgehouden, net als het gegeven dat netbeheerders blijven sturen op de huidige hoge leveringszekerheid van het energienet.

Ten aanzien van het tijdsfad om te komen tot een gestandaardiseerde aanpak verschilt het beeld. In 5 interviews werd gesproken over een horizon van vijf jaar, terwijl 6 anderen juist tien jaar of langer noemden. De respondenten zijn het wel eens dat de urgentie van netcongestie dwingt tot versnelling in de opschaling van oplossingen als energiehubbs.

In de interviews is relatief weinig aandacht besteed aan het fysieke ruimtebeslag dat grootschalige toepassing van energiehubbs mogelijk met zich meebrengt. Slechts 2 respondenten gingen hier expliciet op in. Een wijk wordt weliswaar als logisch schaalniveau gezien wanneer hierop wordt doorgevraagd, maar een visie op de inpassing van infrastructuur zoals batterijen, transformatoren of warmteopslag in dichtbebouwde nieuwbouwwijken ontbreekt grotendeels. Ook werd in 4 interviews gewezen op de beperkte toepasbaarheid van warmtenetten in minder verstedelijkte gebieden, omdat rendement daar vaak uitblijft.

5.1.7 Integreernde reflectie: rode draden, spanningsvelden en blinde vlekken

Uit de interviews komt een rijk en gelaagd beeld naar voren van hoe professionals in de praktijk aankijken tegen energiehubbs als oplossing voor netcongestie in de woningbouw. Hoewel het merendeel van de respondenten positief is over het concept, blijkt de route naar implementatie allerninst rechtlijnig. De energiehub wordt door velen nog vooral begrepen als een beloftevol idee, niet als een volledig uitgekristalliseerd handelingsperspectief.

Een eerste rode draad is de technologische haalbaarheid. Vrijwel niemand twijfelt eraan dat de benodigde technieken beschikbaar zijn. Tegelijkertijd heerst er een zekere handelingsverlegenheid rondom de samenhang en regie. Het toepassen van techniek, bijvoorbeeld in een te exploiteren Energie Management Systeem (EMS) in een wijk wordt daarmee niet het probleem, maar het symptoom van onderliggende coördinatievraagstukken.

Een tweede lijn die sterk naar voren komt is het gebrek aan institutionele helderheid. Rollen, verantwoordelijkheden en juridische kaders zijn nog in beweging, en dat maakt het lastig voor partijen om positie te kiezen. Opvallend is dat veel respondenten wel 'regie' wensen, maar nog zelden expliciteren wie die regie zou moeten nemen of onder welke voorwaarden.

Financieel gezien leeft er een breed gedeeld sentiment dat energiehubs op termijn rendabel moeten kunnen functioneren, maar dat de huidige fase gekenmerkt wordt door onzekerheden. De initiële businesscase is vaak lastig sluitend te krijgen, mede doordat de baten over tijd en actoren versnipperd zijn. Coöperatieve of lokale structuren lopen aan tegen een beperkte financierbaarheid, terwijl ze wel relevant worden gevonden voor het draagvlak. Banken worden daarin als terughoudend ervaren, al wordt niet altijd helder benoemd welke risico-inschatting hieraan ten grondslag ligt. Uit de interviews resteert voorts een grote verscheidenheid aan genoemde financiële structuren die als oplossing zijn genoemd.

Ook valt op wat niet wordt gezegd. Zo blijft het fysieke ruimtebeslag van energiehubs nog onderbelicht, terwijl dit in de literatuur juist als kritisch punt naar voren komt. Hetzelfde geldt voor de rol van bewoners in de lange termijn-exploitatie: hoewel participatie en mede-eigenaarschap worden genoemd, zijn er weinig concrete modellen waarin deze principes al structureel zijn ingebed. Hierbij past ook nog de nuance dat in de meerderheid van de interviews het onderwerp participatie niet spontaan op tafel is gekomen, maar pas na doorvragen op de sociaal-maatschappelijke aspecten.

Ten slotte lijkt er bij veel respondenten sprake van wachtstand-dynamiek: men herkent de urgentie en ziet kansen, maar wacht op actie van anderen, bijvoorbeeld de overheid, de netbeheerder, de markt. In de woorden van een van de respondenten: Het bewegen naar het concept energiehubs heeft daarmee kenmerken van een transitie: het verbindt sectoren, disciplines en schaalniveaus, maar roept tegelijk vragen op over wie bepaalt, wie investeert, en wie uiteindelijk profiteert. Precies in die openheid schuilt zowel de kracht als de kwetsbaarheid van het idee.

5.2. Casebeschrijvingen

Na de thematische synthese (par. 5.1) worden in dit onderzoek twee casussen nader belicht: de Merwedekanaalzone in Utrecht en de Balanswijk in Almere. Samen vertegenwoordigen zij twee uitersten: een binnenstedelijk project dat onder druk van netcongestie tot nieuwe afspraken wordt gedwongen, en een pilotwijk die bewust is opgezet om te experimenteren met netbewust bouwen. De beschrijvingen bieden actuele context bij de interviews en laten zien hoe het energiehubs-concept zich in de praktijk ontwikkelt. Daarmee vormen zij de opstap naar de systematische toetsing in paragraaf 5.3.

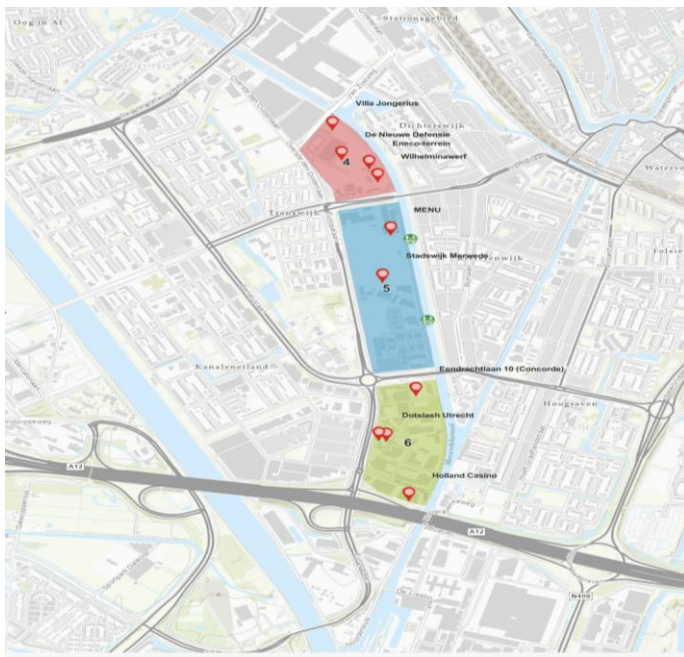
5.2.1 Casus Merwedekanaalzone

De Merwedekanaalzone is actueel volop in ontwikkeling als nieuwe stadswijk. De bouw is al gestart in deelgebieden zoals het Defensieterrein, waar 291 woningen gerealiseerd worden, en er is recent een bestemmingsplan vastgesteld dat 350 extra woningen mogelijk maakt, inclusief betaalbare segmenten zoals sociale huur en koopwoningen voor modaal inkomen. De bouw is officieel gestart in deelgebied 5 van de Merwedekanaalzone (Stadswijk Merwede, zie figuur 4.1), waar de eerste paal is geslagen in maart 2025, met oplevering van de eerste woningen gepland voor 2027. De start bouw is in mei 2025 ingeluid, waarbij ook grondwerk en nutsvoorzieningen (warmte-koude-opslag, riolering, bouwwegen) voor de eerste fase in gang zijn gezet.

Deze wijk wordt ontworpen als voorbeeld van netbewuste nieuwbouw. Via gebiedsgerichte mechanismen zoals groepscontracten (GTO), integratie van warmte en elektriciteit en collectieve netregie wordt expliciet ingezet op het voorkomen van netcongestie. In het programmatisch kader voor Groot Merwede ligt de focus op woningen, mobiliteit, voorzieningen én het clusteren van de energie-infrastructuur, als onderdeel van een stedelijke groeistrategie voor Utrecht Zuidwest.

Daarnaast wordt actieve gebiedsparticipatie zichtbaar. Sinds 2016 is de gemeentelijke website Merwedekanaalzone operationeel en is er een nieuwsbrief actief. Diverse participatievormen, van stadsgesprekken tot inloopavonden met omwonenden en scholen, zijn georganiseerd om de omgevingsvisie en het stedenbouwkundig plan stevig maatschappelijk te onderbouwen.

De situatie rond netcongestie in de provincie Utrecht is tegelijkertijd zodanig urgent dat Stedin en TenneT noodgedwongen een uitzonderlijke maatregel inzetten: vanaf het derde kwartaal van 2026 worden gasgeneratoren (60 MW capaciteit) regionaal ingezet als back-up bij piekbelasting op het stroomnet. Deze generators vormen tijdelijke oplossingen, bedoeld als buffer tot netverzwaring is gerealiseerd. Een transitie naar toekomstbestendige, duurzame opwek zoals opslag, waterstof of lokaal slim laden moet het systeem op lange termijn stabiliseren. Merwedekanaalzone laat zien hoe een bestaande gebiedsontwikkeling onder druk van netcongestie gedwongen wordt om innovatieve oplossingen te ontwikkelen. Het illustreert de noodzaak van pragmatische afspraken om woningbouw überhaupt mogelijk te maken in een context van schaarse netcapaciteit.



Figuur 5.1: Overzichtskaart Merwede. Overgenomen van <https://www.utrecht.nl/wonen-en-leven/bouwprojecten-en-stedelijke-ontwikkeling/bouwprojecten/bouwprojecten-in-zuidwest/merwedekanaalzone>, 7 september 2025.

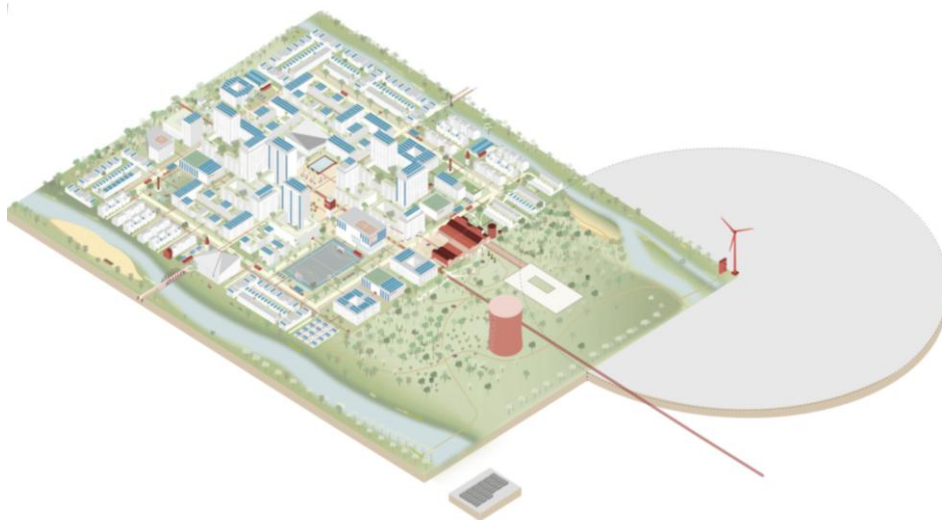
5.2.2 Casus Balanswijk

De Balanswijk in Almere is een gezamenlijk initiatief van de gemeente Almere en netwerkbedrijf Alliander, dat moet uitgroeien tot een blauwdruk voor netbewust bouwen in Nederland. In deze wijk staat de integratie van duurzame energieopwekking, opslag en uitwisseling centraal, met als doel een energiesysteem dat zoveel mogelijk in balans is en daardoor slechts een minimale aansluiting op het centrale elektriciteitsnet behoeft. Daarmee fungeert de wijk als pilotwijk waarin techniek, governance en leefbaarheid samenkomen.

De samenwerking vormt een belangrijke stap richting een energiesysteem dat betrouwbaar, betaalbaar en schaalbaar is. Het experiment in Almere moet er voor zorgen dat toekomstige uitbreidingen, zoals Almere Pampus (25.000 tot 30.000 nieuwe woningen tussen 2032 en 2050), kunnen profiteren van de geleerde lessen. Ter voorbereiding hierop worden eerst twee kleinschaliger pilots ontwikkeld: Almere Haddock en Almere Randstad, waarin op kleinere schaal al ervaring wordt opgedaan met het Balanswijk-concept.

Alliander benadrukt in dit verband haar rol als lokale systeembeheerder van de toekomst: het Balanswijk-concept biedt een kans om de energievraag en -opwek lokaal in balans te brengen en nieuwe koppelingen te maken tussen energie, klimaat, ruimte en gezondheid. Het concept overstijgt de technische componenten alleen. Het raakt ook gedragsaspecten en sociale condities, zoals het stimuleren van ander energiegebruik en het ontwerpen van leefbare, gezonde wijken. Daarmee wordt de Balanswijk niet alleen een oplossing voor acute netcongestie, maar ook een vehikel voor bredere ambities van de stad: Almere streeft ernaar in 2050 energieneutraal of zelfs energieleverend te zijn.

Het concept heeft inmiddels de interesse gewekt van andere (stedelijke) gemeentes in Nederland. Om die reden participeren er ook stakeholders buiten Almere in de Balanswijk community bijeenkomsten. De balanswijk community bijeenkomsten zijn bedoeld om stapsgewijs alle aspecten die ook raken aan een energiehub door te ontwikkelen en zo tot een werkplan te komen voor het eerste concrete project.



Figuur 5.2: Blauwdruk Balanswijk 2.0 met collectieve warmte variant. Overgenomen van <https://www.dep.nl/artikelen/balanswijk-2-0-collectieve-warmte>, 7 september 2025.

5.2.3 Participatieve observatie

Naast interviews en documentanalyse is ook participatieve observatie ingezet als aanvullende lens. Voor de Merwedekanaalzone betrof dit een informatiebijeenkomst, die inzicht gaf in hoe initiatiefnemers hun plannen publiekelijk presenteren en agenderen.

In de Balanswijk nam de onderzoeker deel aan drie community bijeenkomsten. Deze observaties gaven zicht op de interactie tussen gemeentes, netbeheerders, marktpartijen, huisvesters, energiebedrijven en kennisinstellingen en lieten zien hoe de zoektocht naar een blauwdruk voor netbewust bouwen in de praktijk vorm krijgt.

De observaties fungeren nadrukkelijk als verrijking van de analyse, naast interviews en documenten. Ze zijn daarom hier gepositioneerd en niet in hoofdstuk 4, om geen gelijkwaardigheid te suggereren met de kernmethoden van dit onderzoek: de semi-gestructureerde interviews en de caseanalyse via het toetsingskader. De inzichten zijn meegenomen in de beoordeling van de casussen aan de hand van het toetsingskader in de volgende paragraaf.

5.3 Caseanalyse door middel van toetsingskader

De twee casussen illustreren hoe verschillend de dynamiek rond energiehubbs kan zijn. In de Merwedekanaalzone komt innovatie voort uit urgentie: zonder collectieve afspraken over aansluitvermogen en nieuwe vormen van netregie dreigde de gebiedsontwikkeling simpelweg vast te lopen. De Balanswijk daarentegen is bewust ontworpen als pilotwijk: hier is er nog geen acute druk, maar wordt juist ruimte gemaakt om te experimenteren met een nieuw energiesysteem als voorbereiding op Pampus. Daarmee ontstaat een scherp contrast tussen gedwongen improvisatie en doelbewust experiment. De één laat zien hoe institutionele vernieuwing kan worden afgedwongen door schaarste, de ander hoe proactief ontwerp en samenwerking richting kunnen geven aan schaalbaarheid. Juist in dat spanningsveld, tussen noodmaatregel en blauwdruk, ligt de waarde van de casussen voor dit onderzoek. Ze maken duidelijk dat energiehubbs zowel symptoombestrijding als structurele vernieuwing kunnen belichamen. In het vervolg van deze paragraaf wordt dit contrast verder systematisch geanalyseerd met behulp van het toetsingskader.

5.3.1 Scoring Merwedekanaalzone (Stadswijk Merwede)

A. Effectiviteit van de energiehub in congestiebeperking

De Merwedekanaalzone is een schoolvoorbeeld van hoe gebiedsgerichte afspraken kunnen bijdragen aan netontlasting. Het totale aansluitvermogen voor ruim 4.200 woningen en voorzieningen is via een Groepscontract (GTO) begrensd op circa 5 MW. Om binnen deze grens te blijven, is een combinatie van technische oplossingen voorzien: een warmtenet met acht energiecentrales (waarvan één grote centrale met warmtebuffers vier blokken bedient), een wijkbatterij om pieken op te vangen, en een energiemanagementsysteem (EMS) voor de verdeling van vermogen. Grootverbruikers zoals supermarkten en scholen contracteren gezamenlijk capaciteit en zijn bindend verbonden via deelnemersovereenkomsten. Vier parkeervoorzieningen met laadinfrastructuur nemen circa 60% van het gecontracteerde vermogen voor hun rekening, waardoor elektrische mobiliteit zowel een belasting als een sturingsinstrument vormt. Het resultaat is een technisch robuust ontwerp waarin warmte, elektriciteit, opslag en mobiliteit in samenhang zijn geïntegreerd. Daarmee is Merwede een pionier in het concreet toepassen van het principe van netbewust bouwen.

B. Institutionele haalbaarheid

De technische innovaties zouden echter weinig effect hebben zonder een bijpassende institutionele architectuur. Hiervoor is een coöperatieve groepsentiteit opgericht die namens alle grootverbruikers het GTO met Stedin ondertekent en verantwoordelijk wordt voor de werking van de hub. Deze entiteit laat zien dat collectief beheer in Nederland niet langer een theoretisch concept is, maar in een binnenstedelijke ontwikkeling daadwerkelijk vorm krijgt.

Toch schuilt hier een spanningsveld. Grootverbruikers zijn niet alleen gebonden aan contractuele afspraken, maar ook aansprakelijk wanneer één partij de vermogensgrens overschrijdt. Dit roept de vraag op of semi-publieke instellingen zoals scholen, die doorgaans terughoudend zijn in het dragen van financiële of operationele risico's, zulke verplichtingen wel binnen hun eigen governance kunnen legitimeren. Hun deelname toont de innovatiekracht van het model, maar benadrukt tegelijk de fragiele juridische basis: de huidige Energiewet en netcodes zijn niet ontworpen voor collectieve afspraken van dit type.

De rol van de gemeente als grondeigenaar geeft het project een extra dimensie. Vanuit eigendom kan de gemeente voorwaarden stellen aan kavels en daarmee versneld sturen op deelname aan de energiehub. Dit vergroot de slagkracht van het collectief, maar werpt ook vragen op over de balans tussen publieke regie en private belangen.

Sociale rechtvaardigheid blijft intussen een zwakke plek. De besluitvorming concentreert zich op instituties en grootverbruikers, terwijl toekomstige bewoners vooral via initiatieven als het Merwede Lab worden betrokken bij ruimtelijke en sociale inrichtingsvragen. Structurele modellen voor bewonersparticipatie of verdeling van baten en lasten zijn nog nauwelijks uitgewerkt.

C. Adoptie en schaalbaarheid

Als pionier biedt Merwede belangrijke lessen voor andere gebiedsontwikkelingen. De casus bewijst dat netbewust bouwen, mits hard gemaakt in contracten en collectieve organisatie, congestie kan beperken en woningbouw mogelijk maakt. Tegelijkertijd is de opschaalbaarheid onzeker. Het model is sterk contextafhankelijk en rust op tijdelijke experimenteerruimte en bestuurlijke welwillendheid. Juridische borging ontbreekt, waardoor het onzeker is of het groepscontract en de EMS-aanpak elders overeind blijven.

Economisch is er bovendien een randvoorwaarde: de energiehub kan alleen draaien wanneer voldoende grootverbruikers (zoals de warmtepompen op gebiedsniveau) de vaste lasten meedragen. Zonder deze volumetrie ontbreekt een sluitende businesscase. De verdeling van kosten en baten blijft een zoektocht, waarbij investerende partijen niet altijd dezelfde zijn als degenen die op de lange termijn profiteren.

De Merwedekanaalzone toont dat energiehubbs technisch robuust kunnen zijn en dat institutionele innovatie mogelijk is, maar legt tegelijk bloot hoe kwetsbaar dit fundament blijft zolang wetgeving, governance en financiële modellen niet structureel zijn verankerd.

Dimensie	Toetsingscriterium	Score en toelichting (Groen Oranje Rood)	Beschrijving criterium
A. Effectiviteit energiehubs	Nichekwaliteit (S,T)	Robuust ontwerp met warmtepompen, buffers, batterij en EMS. Integraal systeem dat congestie actief adresseert.	In hoeverre is de energiehubs technisch robuust, integraal ontworpen en in staat om decentrale productie en consumptie te balanceren.
A.Effectiviteit energiehubs	Netontlasting (A)	GTO en warmtenet reduceren netbelasting aantoonbaar; 5 MW grens functioneert als harde prikkel.	Mate waarin de energiehubs leidt tot minder netbelasting, bijvoorbeeld door lokale opwekking, opslag en verbruik.
A.Effectiviteit energiehubs	Systemische integratie (M,S)	Warmte, elektriciteit, mobiliteit en opslag geïntegreerd; parkeervoorzieningen en laadinfrastructuur ingebed in EMS.	De mate waarin de energiehubs lokaal én in samenhang met het centrale net functioneert (holonisch ontwerp).
A.Effectiviteit energiehubs	Configuratie 'achter de meter' (A)	Slimme sturing vooral via grootverbruikers en EMS, minder via huishoudens; woningniveau lijkt voorlopig nog zwak ontwikkeld.	Aanwezigheid van slimme aansturing van apparaten in woningen om pieken in de wijkvraag te verminderen.
A.Effectiviteit energiehubs	Beoogde congestie-oplossende werking bewezen? (A, T)	Eerste toepassingen veelbelovend, maar effectiviteit nog niet empirisch aangetoond.	Empirisch of modelmatig bewijs dat de energiehubs daadwerkelijk netcongestie voorkomt of vermindert.
B.Institutionele haalbaarheid	Governancevorm (G)	Coöperatieve groepsentiteit opgericht; juridische status en houdbaarheid van GTO kwetsbaar. Rol gemeente als grondeigenaar versterkt sturingskracht.	Duidelijkheid over eigenaarschap, verantwoordelijkheden en juridische structuur van de energiehubs.
B.Institutionele haalbaarheid	Vertrouwen en gezamenlijke ambitie (S, G)	Gemeente, ontwikkelaars en netbeheerder werken samen; gedeelde urgentie bevordert samenwerking.	Mate van gedeelde visie, vertrouwen en bereidheid tot samenwerking tussen stakeholders.
B.Institutionele haalbaarheid	Spanning met bestaande wetgeving (M, S)	Huidige wetgeving en netcodes sluiten nog slecht aan; onzeker of semi-publieke instellingen GTO-risico mogen dragen.	Belemmeringen door huidige wet- en regelgeving, bijv. rondom energie delen of eigendom.
B.Institutionele haalbaarheid	Organisatiegraad en regierol (S, G,)	Regie via groepsentiteit en EMS-operator voorzien, maar exploitatie en mandaat nog niet volledig uitgekristalliseerd	Aanwezigheid van een coördinerende partij met doorzettingsmacht (bijv. ontwikkelaar of gemeente).
B.Institutionele haalbaarheid	Sociale rechtvaardigheid & inclusie (G)	Bewonersparticipatie minimaal; inzicht in sociale verdeling baten/lasten ontbreekt.	Mate waarin bewoners en kwetsbare groepen betrokken zijn bij besluitvorming en/of meedelen in voordelen.
B.Institutionele haalbaarheid	Mate van gemeenschappelijk beheer/ CPR-structuur (G)	Coöperatieve entiteit richting grootverbruikers aanwezig, maar commons-structuur voor bewoners ontbreekt.	Aanpak waarbij energie als collectieve hulpbron wordt gedeeld, met afspraken over gebruik en conflictbeheersing.

C.Adoptie & schaalbaarheid	Rijpheid binnen regime (M,S)	Innovatief pioniersproject; doorwerking naar andere projecten nog onzeker.	Inpassing van de energiehub binnen bestaande routines en processen van gebiedsontwikkeling.
C.Adoptie & schaalbaarheid	Actorconfiguratie en alignment (M,S)	Alignment sterk afhankelijk van gemeente als grondeigenaar en bereidheid grootverbruikers en grondeigenaren; risico op afhaken semi-publieke partijen.	Afstemming van belangen, rollen en tijdlijnen van betrokken actoren.
C.Adoptie & schaalbaarheid	Institutionele lock-ins of 'path dependencies' (M, S)	Juridische lock-ins (Energiewet, ACM) blijven harde belemmering.	Belemmeringen door bestaande routines, processen of regelgeving.
C.Adoptie & schaalbaarheid	Ruimtelijk en financieel beslag (S, T)	Infrastructuurkosten hoog; baten en lasten mogelijk niet in balans verdeeld.	Beoordeling van ruimtebeslag en investeringsbehoefte in relatie tot de woningbouwpraktijk.
C.Adoptie & schaalbaarheid	Opschaalbaarheid naar andere contexten (T)	Conceptueel relevant, maar sterk contextafhankelijk en juridisch nog niet overdraagbaar.	Mate waarin het energiehub concept uit de casus ook toepasbaar is in andere wijken of projecten.

Tabel 5.1: Scoring Merwedekanaalzone op toetsingskader

5.3.2 Scoring Balanswijk

A. Effectiviteit van de energiehub in congestiebeperking

De Balanswijk is vanaf de start ontworpen als netbewuste wijk, met als ambitie om een minimale aansluiting op het elektriciteitsnet te realiseren. Het ontwerp bundelt meerdere technische componenten: lokale opwek (zon), opslag in batterijen, koppeling van warmte en elektriciteit, en integratie van mobiliteitshubs met laadinfrastructuur. Deze systemen worden aangestuurd via een energiemanagementsysteem (EMS), waarmee vraag en aanbod in balans moeten worden gebracht.

De technische belofte is groot: in theorie kan de wijk functioneren zonder forse netverzwaring, mits alle bouwstenen goed samenwerken. Tegelijkertijd is de effectiviteit hier nog niet empirisch bewezen. Kleinschalige pilots zoals Almere Haddock en Almere Randstad moeten dienen als testlocaties om aannames te valideren. Het risico bestaat dat de configuratie achter de meter (bij bewoners) en de daadwerkelijke congestie-oplossende werking te optimistisch zijn ingeschat. Daarmee is Balanswijk vooral een technisch sterk doordacht concept, maar nog niet meer dan dat: de bewijsvoering volgt pas in de praktijk.

B. Institutionele haalbaarheid

Op institutioneel vlak positioneert Balanswijk zich als een samenwerkingsverband tussen gemeente Almere en netbeheerder Alliander, met nadrukkelijke steun vanuit marktpartijen, kennisinstellingen en belangenorganisaties (ook bewoners). De gemeente Almere gebruikt haar rol als grondeigenaar om richting te geven aan ontwerpkeuzes en afspraken, en versterkt zo de sturingskracht van het collectief. Dit versnelt besluitvorming, maar kan ook spanning oproepen: in hoeverre zijn private partijen nog vrij in hun keuzes wanneer de publieke partij zowel spelverdeler als grondeigenaar is?

De governance-architectuur is voorlopig pragmatisch en experimenteel. Er is geen uitgekristalliseerde juridische structuur voor exploitatie of eigenaarschap. Opvallend is dat

leefbaarheid en duurzaamheid consequent als uitgangspunt zijn benoemd: de wijk moet gezond, groen en toekomstbestendig zijn. Toch blijft dit bewonersperspectief vooralsnog vooral op het niveau van ambitie. In de bijeenkomsten werd weinig gesproken over structurele modellen van participatie of zeggenschap. Het risico is dat bewoners wel worden gezien als doelgroep van een leefbare wijk, maar nog niet als actieve partner in het governance-model.

Ook is de ‘coalition of the willing’ groot, afgaande op de opkomst bij verschillende Balanswijk community bijeenkomsten, met participatie van verschillende collega netbeheerders, gemeentes en (sociale) huisvesters en ontwikkelaars uit andere regio’s. Daarmee is er nog geen ‘coalition of doing’, zo lijkt het afgaand op een significant aandeel deelnemers dat per keer nog wisselt. Dit komt mogelijk deels door de spanning tussen ambitie en juridische kaders. De Energiewet biedt enige ruimte voor experimenten, maar structurele borging ontbreekt nog. Zonder aanpassing van regelgeving blijft het onzeker hoe collectieve arrangementen zoals Balanswijk kunnen doorwerken naar andere projecten. De institutionele haalbaarheid staat dus onder voorbehoud: er is vertrouwen en energie in het netwerk van partijen, maar de juridische en sociale fundering is fragiel.

C. Adoptie en schaalbaarheid

De Balanswijk is expliciet gepositioneerd als blauwdruk voor Almere Pampus (25.000–30.000 woningen) en als voorbeeld voor andere gebiedsontwikkelingen in Nederland. Daarmee overstijgt het project de status van lokale pilot: kennisdeling, leerervaringen en overdraagbaarheid zijn vanaf het begin ingebouwd. De samenwerking tussen gemeente, Alliander en andere partners versterkt de kans dat het concept doorwerkt naar beleid en praktijk.

Tegelijkertijd is de schaalbaarheid niet vanzelfsprekend. Het succes hangt sterk af van de uitkomsten van de eerste pilots, de financierbaarheid van de exploitatie en de juridische borging van nieuwe contractvormen. Zonder harde afspraken over verdeling van kosten en baten dreigt de businesscase precair te blijven. Iets wat ook kritisch wordt beschouwd door de community deelnemers. Ook lock-ins liggen op de loer: zolang wet- en regelgeving niet structureel meebewegen, blijft Balanswijk afhankelijk van lokale experimenteerruimte en bestuurlijke goodwill.

In zijn totaliteit is de Balanswijk een conceptueel krachtige proeftuin die de belofte van netbewust bouwen tastbaar maakt. Maar of het werkelijk een overdraagbare standaard wordt, zal afhangen van de mate waarin technische aannames standhouden, governance-structuren juridisch worden verankerd en bewoners daadwerkelijk onderdeel worden van het systeem.

Dimensie	Toetsingscriterium	Score en toelichting (Groen Oranje Rood)	Beschrijving criterium
A. Effectiviteit energiehubs	Nichekwaliteit (S,T)	Vanaf het ontwerp integraal opgezet als netbewuste wijk met lokale opwek, opslag, EMS en koppeling warmte/mobiliteit. Technisch robuust in concept.	In hoeverre is de energiehubs technisch robuust, integraal ontworpen en in staat om decentrale productie en consumptie te balanceren.
A. Effectiviteit energiehubs	Netontlasting (A)	Ambitie: minimale netaansluiting. Pilots (Haddock, Randstad) moeten effectiviteit aantonen; reductiecijfers zijn wel gepresenteerd over verschillende scenario’s van wijkinrichting, maar de keuze voor Almere Pampus is nog fluïde.	Mate waarin de energiehubs leidt tot minder netbelasting, bijvoorbeeld door lokale opwekking, opslag en verbruik.

A.Effectiviteit energiehubs	Systemische integratie (M,S)	Warmte, elektriciteit, mobiliteit en opslag zijn expliciet in samenhang meegenomen. Ook koppeling met leefbaarheid (groen, gezondheid).	De mate waarin de energiehubs lokaal én in samenhang met het centrale net functioneert (holonisch ontwerp).
A.Effectiviteit energiehubs	Configuratie 'achter de meter' (A)	Slimme sturing van huishoudens voorzien, maar nog niet getest of concreet uitgewerkt.	Aanwezigheid van slimme aansturing van apparaten in woningen om pieken in de wijkvraag te verminderen.
A.Effectiviteit energiehubs	Beoogde congestie-oplossende werking bewezen? (A, T)	Tot nu toe ontwerp- en pilotfase; empirisch bewijs van daadwerkelijke congestiereductie ontbreekt.	Empirisch of modelmatig bewijs dat de energiehubs daadwerkelijk netcongestie voorkomt of vermindert.
B.Institutionele haalbaarheid	Governancevorm (G)	Samenwerkingsovereenkomst gemeente–Alliander vormt stevige basis; juridische en langetermijnstructuur voor exploitatie nog open.	Duidelijkheid over eigenaarschap, verantwoordelijkheden en juridische structuur van de energiehubs.
B.Institutionele haalbaarheid	Vertrouwen en gezamenlijke ambitie (S, G)	Sterke gedeelde visie; actieve samenwerking en communitybijekomsten versterken commitment.	Mate van gedeelde visie, vertrouwen en bereidheid tot samenwerking tussen stakeholders.
B.Institutionele haalbaarheid	Spanning met bestaande wetgeving (M, S)	Huidige Energiewet biedt beperkte experimenteerterruimte; structurele juridische borging collectieve modellen ontbreekt.	Belemmeringen door huidige wet- en regelgeving, bijv. rondom energie delen of eigendom.
B.Institutionele haalbaarheid	Organisatiegraad en regierol (S, G,)	Gemeente en Alliander nemen regie; toekomstige exploitatie en beheerstructuren nog onduidelijk.	Aanwezigheid van een coördinerende partij met doorzettingsmacht (bijv. ontwikkelaar of gemeente).
B.Institutionele haalbaarheid	Sociale rechtvaardigheid & inclusie (G)	Leefbaarheid en duurzaamheid zijn expliciet uitgangspunt: de wijk moet gezond, groen en toekomstbestendig zijn. Tegelijk blijft bewonersparticipatie vooral nog geformuleerd als randvoorwaarde; structurele modellen voor zeggenschap ontbreken nog.	Mate waarin bewoners en kwetsbare groepen betrokken zijn bij besluitvorming en/of meedelen in voordelen.
B.Institutionele haalbaarheid	Mate van gemeenschappelijk beheer/ CPR-structuur (G)	Geen uitgewerkt model voor collectief beheer of conflictbeslechting; focus ligt bij institutionele partners.	Aanpak waarbij energie als collectieve hulpbron wordt gedeeld, met afspraken over gebruik en conflictbeheersing.
C.Adoptie & schaalbaarheid	Rijpheid binnen regime (M,S)	Positionering als proeftuin en blauwdruk maakt het concept innovatief, maar doorwerking naar standaardpraktijk onzeker.	Inpassing van de energiehubs binnen bestaande routines en processen van gebiedsontwikkeling.
C.Adoptie & schaalbaarheid	Actorconfiguratie en alignment (M,S)	Sterk alignment tussen gemeente, netbeheerder en partners;	Afstemming van belangen, rollen en tijdslijnen van betrokken actoren.

		samenwerking meer geborgd dan in veel andere casussen.	
C.Adoptie & schaalbaarheid	Institutionele lock-ins of 'path dependencies' (M, S)	Juridische en financiële lock-ins erkend, maar nu tijdelijk gepareerd via pilotstatus; structureel ingestoken oplossingen ontbreken nog.	Belemmeringen door bestaande routines, processen of regelgeving.
C.Adoptie & schaalbaarheid	Ruimtelijk en financieel beslag (S, T)	Ruimte voor buffers, opslag en hubs is voorzien; financiële businesscase voor exploitatie blijft precair en onduidelijk. Hangt ook deels samen met de huidige fase waarin nog verschillende scenario's voor het ontwerp van de wijk worden uitgewerkt.	Beoordeling van ruimtebeslag en investeringsbehoefte in relatie tot de woningbouwpraktijk.
C.Adoptie & schaalbaarheid	Opschaalbaarheid naar andere contexten (T)	Expliciet doel om Balanswijk te gebruiken als format voor Almere Pampus en andere projecten; kennisdeling en leerdoelen zijn ingebouwd.	Mate waarin het energiehub concept uit de casus ook toepasbaar is in andere wijken of projecten.

Tabel 5.2: Scoring Balanswijk op toetsingskader

5.4. Interpretatie van gecombineerde onderzoeksresultaten: interviews en cases

De gecombineerde resultaten uit interviews, casebeschrijvingen en de beoordeling aan de hand van het toetsingskader, laten zien dat energiehubbs zich manifesteren als een veelbelovende maar nog institutioneel fragiele innovatie. Technische haalbaarheid wordt nauwelijks betwijfeld, maar de structurele inbedding in instituties en governance blijkt kwetsbaar. Door de bevindingen te spiegelen aan de theoretische kaders uit hoofdstuk 2 en 3 wordt duidelijk waar de kern van de uitdagingen ligt.

Binnen het Multi-Level Perspective zijn energiehubbs te duiden als niche innovaties die reageren op druk in het bestaande systeem (Geels, 2002; Andersen & Geels, 2023). Hun ontwikkeling illustreert hoe niches tijdelijk ruimte krijgen via pilots en experimentele arrangementen. Het Strategic Niche Management-raamwerk benadrukt dat structurele doorbraak alleen mogelijk is met consistente visievorming, netwerkvorming en leerprocessen (Schot & Geels, 2008; Caniëls & Romijn, 2008). In de empirie zien we dat deze condities aanwezig zijn, maar gefragmenteerd en projectgebonden blijven. Heel concreet gemaakt, lijkt in Nederland kennis uit programma's zoals o.a. het Landelijk Actieplan Netcongestie (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2022), platforms (o.a. Energiesysteem en Ruimte, Netbewust bouwen, Kennisplatform Energiehubbs) en regionale initiatieven (o.a. de regionale Energie strategieën uit het Nationaal programma RES) nog te weinig bij elkaar te worden gebracht.

De empirische bevindingen in dit onderzoek bevestigen de kern uit de Governance of Change-literatuur: instituties en beleidsinstrumenten lopen achter op innovatieve praktijken (Borrás & Edler, 2014, 2020). De roep om 'regie' keert breed terug, maar de invulling daarvan blijft diffuus. Vanuit Collaborative Governance (Ansell & Gash, 2008; Emerson et al., 2012) blijkt dat vertrouwen en gezamenlijke ambitie aanwezig zijn, maar zelden duurzaam zijn vertaald naar structurele governance-arrangementen. Wel past hier nog de nuance dat vertrouwen met name lijkt te groeien op regionaal en lokaal vlak of op projectniveau. Uit de interviews komt een beeld naar voren dat de rol van landelijke overheden eerder als belemmerend wordt ervaren, vooral door trage regelgeving en versnipperd beleid. Governance fungeert daarmee niet alleen als randvoorwaarde, maar vormt ook

de voornaamste belemmering voor opschaling. Dit betreft in het bijzonder de formele dimensie van governance – de landelijke wet- en beleidskaders – die onvoldoende meebewegen met innovatieve praktijken en zo de ruimte voor structurele verankering beperken.

De Common Pool Resource-theorie maakt duidelijk dat energiehubs in essentie functioneren als commons (Ostrom, 2008). In de praktijk ontbreekt echter een stevig raamwerk voor gebruiksregels, zeggenschap en conflictbeheersing. De ambitie om energiehubs sociaal rechtvaardig en inclusief te ontwerpen is aanwezig, maar blijft grotendeels onuitgewerkt.

De spanningen, tussen belofte en verankering, tussen niche en regime, weerspiegelen precies de paradox die de transitietheorieën (MLP en SNM) en governance benaderingen (Governance of Change, Collaborative Governance en CPR) voorspellen: innovaties als energiehubs zijn technisch en maatschappelijk kansrijk, maar stranden zolang hun institutionele borging achterblijft.

De analyse van Merwedekanaalzone en de Balanswijk laat zien dat er weliswaar volop aandacht is voor afzonderlijke technische en governance-aspecten van energiehubs, maar dat de verbinding daartussen fragmentarisch blijft. De cases bevestigen dat er nog weinig sprake is van een “masterplanning” - benadering zoals we deze expliciet wordt beschreven door Van den Dobbelsteen et al. (2018). De auteurs nemen ruimtelijke energiepotenties, schaalniveaus en governance vanaf het begin integraal mee in energie masterplanning in een stedelijke context. Dit verklaart wellicht mede waarom de energiehubs in beide cases nog vooral een experimenteel karakter heeft, en waarom de stap naar structurele, kostenefficiënte organisatie en exploitatie nog uitblijft.

5.5. Validatie van hypothesen

In dit onderzoek zijn vijf hypothesen geformuleerd die samen richting geven aan de analyse van energiehubs als oplossingsrichting voor netcongestie in woningniewbouw. De hypothesen zijn afgeleid uit het theoretisch kader (hoofdstuk 3) en systematisch getoetst aan de hand van interviews, casebeschrijvingen en het toetsingskader. De validatie laat zien dat de kern van de aannames grotendeels wordt bevestigd, maar dat er cruciale nuanceringen zijn die de kwetsbaarheid van het concept blootleggen.

Hypothese I

Energiehubs kunnen een structurele bijdrage leveren aan het voorkomen van netcongestie in nieuwbouwwijken, mits ze integraal ontworpen zijn als lokale energiesystemen die de afhankelijkheid van centrale netcapaciteit minimaliseren.

Bevinding: De hypothese wordt gedeeltelijk ondersteund door de empirie. De technische bouwstenen, lokale opwek, opslag en slimme sturing, zijn aanwezig en in de casussen wordt concreet geëxperimenteerd met groepscontracten, batterijen en integratie van warmte en elektriciteit. Tegelijk ontbreekt empirisch bewijs dat congestie structureel wordt weggenomen. De veronderstelde structurele bijdrage van energiehubs aan het verminderen van netcongestie blijft daarmee vooralsnog aannemelijk in plaats van bewezen. Dit komt onder andere doordat er in de woningniewbouw nog praktisch geen energiehubs in exploitatie zijn. Daarmee is het nog lastig om een vergelijking te maken tussen de impact van bestaande, losse maatregelen vs. een integrale oplossing als een energie hub. Dit plaatst energiehubs voorlopig in de categorie potentieel effectieve niche-innovatie dan in die van bewezen structurele oplossing.

Hypothese 2

De effectiviteit van energiehubs hangt af van het vermogen van gemeenten, netbeheerders, ontwikkelaars en exploitanten om vroegtijdig een gedeelde visie te ontwikkelen en afspraken te maken over eigendom, rolverdeling en governance.

Bevinding: Deze hypothese wordt deels bevestigd. Zowel in Merwedekanaalzone (groepscontract en oprichting coöperatie) als in Balanswijk (community bijeenkomsten en expliciete koppeling aan leefbaarheid) zien we dat gezamenlijke visievorming en afspraken de basis vormen voor voortgang. Tegelijk blijkt dat juist afspraken vaak nog tijdelijk (in de realisatiefase) of fragiel zijn sterk afhankelijk van goodwill van betrokken partijen om langdurig samen te werken. De empirische werkelijkheid toont dat vroegtijdige visie noodzakelijk is, maar dat concrete afspraken met het ook op de exploitatiefase een voorwaarde lijken voor toekomstige effectiviteit.

Hypothese 3

De opschaling van energiehubs wordt in belangrijke mate beïnvloed door institutionele en governance-gerelateerde randvoorwaarden, zoals duidelijkheid over wetgeving, eigenaarschap en verantwoordelijkheden.

Bevinding: Deze hypothese wordt vindt volledige ondersteuning in de empirie. Uit de interviews komt naar voren dat juridische onduidelijkheden (rond eigendom, aansprakelijkheid en leveringsrechten) en trage wetgeving de meest genoemde belemmeringen vormen. In beide casussen lijken institutionele lock-ins en governance vraagstukken de bottleneck: niet de techniek, maar de regels, verantwoordelijkheden en mandaten bepalen of energiehubs kunnen opschalen en er een haalbare businesscase ontstaat.

Hypothese 4

Duurzame samenwerking en gedeeld eigenaarschap zijn noodzakelijke voorwaarden om vertrouwen op te bouwen en maatschappelijke acceptatie van energiehubs te bevorderen.

Bevinding: De hypothese wordt deels ondersteunt door de empirie. Er is brede erkenning dat samenwerking en eigenaarschap essentieel zijn, en in de casussen zien we pogingen om dit vorm te geven via coöperaties en gebiedsverenigingen. Toch blijft structurele invulling achter: bewonersparticipatie wordt vaak doorgeschoven naar de exploitatiefase en er is nog weinig bewijs dat burgers vroegtijdig en langdurig betrokken worden in besluitvorming. De hypothese houdt dus stand op conceptueel niveau, maar empirisch blijkt eigenaarschap voorlopig meer ideaal dan praktijk.

Hypothese 5

Een effectieve opschaling van energiehubs vereist afgestemde beleidskaders en strategieën op lokaal, regionaal en nationaal niveau, die ruimte bieden voor experimentele en gebiedsgerichte oplossingen.

Bevinding: Deze hypothese vindt voor een aanzienlijk deel ondersteuning in de empirie. Er is urgentie en bereidheid tot opschalen, maar de versnippering in beleid en het ontbreken van consistente kaders vormen grote barrières. De casus Balanswijk toont dat lokale pilots waardevol zijn, maar zonder bovenregionale of nationale verankering blijft de opschaalbaarheid beperkt. Daarmee is de hypothese juist, maar het benadrukt vooral de kloof tussen beleidsambitie en beleidspraktijk. Dit reflecteert ook in een afwachtende houding bij marktpartijen om commitments aan te gaan, met als uitzondering Merwedekanaalzone waar de urgentie hoog is en het verdienmodel onder druk kwam te staan.

Gezamenlijk tonen de hypothesen dat de technische belofte van energiehubs sterk is, maar dat hun effectieve bijdrage aan het voorkomen van netcongestie valt of staat met institutionele verankering, governance en beleidsconsistentie. Hypothesen 3 en 5 worden het sterkst bevestigd; hypothese 1, 2 en 4 slechts gedeeltelijk. Daarmee bevestigt het onderzoek de centrale stelling dat energiehubs niet alleen een technisch ontwerp zijn, maar vooral een governance vraagstuk.

5.6. Nieuwe inzichten onderzoek

Naast de hypothesetoetsing levert dit onderzoek een rijke oogst aan aanvullende inzichten op. Inzichten die veelal onderbelicht blijven in de literatuur, maar cruciaal zijn voor het praktisch slagen van energiehubs. Ze tonen dat energiehubs minder een techniekvraagstuk zijn en meer een bestuurlijk-economisch dilemma en ook afhangt van doorzettingsmacht van personen. Hieronder worden de tien meest opvallende inzichten benoemd.

1. Governance niet alleen belemmering, maar ook vertrekpunt voor experiment

Respondenten benoemen governance bijna uitsluitend in termen van regelgeving die remt. Maar vergeten wordt dat wetgeving zoals de Omgevingswet (Omgevingswet, 2016) juist experimenteerruimte kan bieden, bijvoorbeeld via artikel 23.3, de experimenteerbepaling, waarmee tijdelijk kan worden afgeweken van bestaande regels. Het beleid wordt nu vaak gezien als vaststaand, terwijl er binnen kaders juist ruimte ligt om veel actiever te experimenteren. Dat raakt aan een tweede punt over governance, namelijk dat governance ook gaat over gedrag, vertrouwen en informele praktijken. Het besef bij verschillende actoren en respondenten dat ze ook zelf onderdeel van die governance zijn en daar dus zelf in kunnen sturen.

2. Overdaad aan handleidingen, gebrek aan businesscase-integratie

De overvloed aan principes en handleidingen voor netbewust bouwen is groeiende, maar er is vrijwel geen overzicht of handreiking van hoe al die losse richtlijnen samenkomen in een sturende (coöperatieve) entiteit of serviceprovider die een kostenefficiënte totale oplossing kan managen. Dit lijkt verband te houden met het gebrek aan businesscase-denken, terwijl dit weer cruciaal is voor schaalbaarheid en financieringslogica.

3. Netbeheerders wel zichtbaar, energiebedrijven opvallend afwezig

In tegenstelling tot energiebedrijven, steken de netbeheerders meer openlijk de nek uit in het publieke debat om het congestievraagstuk en de toekomstbestendigheid van het energiesysteem te onderzoeken en verkennen ze actief energiehub-oplossingen. Energiebedrijven, terwijl ze dicht bij de eindgebruiker staan en daarmee van grote maatschappelijke relevantie zijn, blijven opvallend stil. Zij zouden juist een schakel kunnen vormen naar bewoners en bij opschaling van groot belang zijn. Binnen de groep van 'incumbents' zijn dus verschillen waar te nemen.

4. IBO-onderzoek bevestigt: bekostiging is urgent maatschappelijke vraag

Uit het IBO-rapport 'Schakelen naar de toekomst' (Ministerie van Klimaat en Groene Groei, 2025a) blijkt dat de kosten voor elektriciteitsinfrastructuur in Nederland naar verwachting flink stijgen (bijna verdrievoudiging tot 2040) en dat de kernvraag is: wie betaalt wat, en wie profiteert? Het rapport pleit voor stevigere regie van het Rijk door te sturen op investeringen en betaalbaarheid. Energiehubs plaatsen deze vraag op wijkniveau en maken ze concreet: wat moet er collectief worden voorzien, bijvoorbeeld qua investeringen in infrastructuur, wat kan individueel per woning of per verbruiker. Zonder aandacht voor verdeling en kosten blijft maatschappelijk draagvlak broos.

5. Rechtvaardigheid als geïnstitutionaliseerde randvoorwaarde

Zonder expliciete aandacht voor rechtvaardigheid en betaalbaarheid lopen energiehubs het risico financiële ongelijkheid te versterken. Bijvoorbeeld tussen eigenaren van koopwoningen en huurders of inwoners met meer of minder financiële slagkracht. In praktijk blijkt dat er nog weinig mechanismen zijn om ervoor te zorgen dat lasten en baten eerlijk verdeeld worden. Het kunnen institutionaliseren van rechtvaardigheid als randvoorwaarde zal sterk afhangen van de Rijksoverheid in wisselwerking met het landsbestuur. In de huidige tijd is sprake van sterke polarisatie in de maatschappij en daarmee in het politieke landschap, wat consensus op dit vlak bemoeilijkt.

6. Fysiek ruimtebeslag blijft onderbelicht, terwijl het impact heeft

De grijze literatuur en ruimtelijke experts benadrukken ruimtelijke inpassing als essentieel, maar respondenten benoemen het vrijwel altijd zijdelings en niet spontaan. In stedelijke nieuwbouwwijken waar noodzakelijkerwijs wordt ingestoken op dichte bebouwing kan de fysieke infrastructuur van een energiehub (zoals opslag, transformatoren, warmtepompcentrales) juist een harde randvoorwaarde vormen. Daarbij beïnvloeden keuzes voor fysieke infrastructuur sterk de leefbaarheid, maar die connectie wordt in het maatschappelijke debat nog niet breed gemaakt. Vanuit de gevoelde urgentie van het in de benen houden van de nieuwbouwproductie ligt het accent nog vooral op functionele inpassing.

7. Bewonersparticipatie als toekomstvisie

Participatie en het rekening houden met bewonersbelangen wordt vaak genoemd als gewenst, maar wordt al snel doorgeschoven naar de exploitatiefase om als serieus onderwerp aan te snijden. Hierdoor bestaat het risico dat bewoners wel gebruikers worden, maar niet medebeslissers of beïnvloeders. Dat lijkt een belofte zonder verankering, met een haakje voor toekomstige conflicten.

8. Coöperatieve modellen: moreel aantrekkelijk, maar financieel nog kwetsbaar

Wanneer het businesscase denken en het doorkijken naar de exploitatiefase (met een serieuze rol voor bewoners) meer landt, komen er vaker coöperatieve beheersconstructies voor een energiehub in beeld. Coöperaties klinken goed op papier, maar financiers stappen moeizaam in, omdat traditionele zekerheden en rendementsmodellen ontbreken. Het beter eerder betrekken van financiers in deze nieuwe modellen lijkt dan ook relevant om meer comfort over robuustheid te creëren.

9. Wachststand-dynamiek remt beweging

Er is brede erkenning van urgentie ten aanzien van netcongestie en de rol die energiehubs langdurig in het energiesysteem van toekomstige nieuwbouwwijken kan spelen, maar nieuwe initiatieven wachten op elkaar. Er zijn nog te weinig initiatieven die zien hoe coöperatief of publiek-private samenwerking concreet vorm kan krijgen. Dit roept de vraag op of er 'geoptimaliseerd' kan worden ten aanzien van leiderschap bij alle betrokken actoren. Voldoende betrokken mensen die richting durven geven, keuzes durven maken en partijen kunnen mobiliseren lijken noodzakelijk. Leiderschap bepaalt mede hoe flexibel governance is en kan voor legitimiteit zorgen van besluiten.

10. Structurele transitie vereist institutionalisering, niet eindeloos experimenteren

Veel energiehubs blijven hangen in pilotfase. Opschaling vraagt om institutionalisering van wat werkt: duidelijke spelregels, businesscases, governance-structuren, inclusief aandacht voor rechtvaardigheid en betaalbaarheid. Het structureel identificeren van deze elementen en het samenbrengen in een gestandaardiseerde aanpak lijkt kansrijk. Waar er inmiddels overvloedig wordt gewerkt met

handleidingen, richtlijnen en losse principes van netbewust bouwen en netbewuste gebiedsontwikkeling, ontbreekt een systematische aanpak waarin technisch-ruimtelijke analyses, governance-arrangementen en economische randvoorwaarden in samenhang worden gezien. Van den Dobbelsteen et al. (2018) laten zien dat urban energy masterplanning met behulp van Energy Potential Mapping (EMP) juist uitgaat van die integratie. EMP is het gebruik van geo kaarten waarbij energiebronnen en stromen ruimtelijk op bijvoorbeeld het schaalniveau van een wijk in kaart worden gebracht. Zo kunnen kansen en beperkingen worden vertaald naar een stakeholderdialog, beleidskaders en randvoorwaarden die kunnen worden doorontwikkeld tot afspraken en (toekomst)scenario's om te verkennen. De Balanswijk casus laat een beweging in deze richting zien, maar blijft nog hangen op een technisch-ruimtelijke analyse.

Bovenstaande inzichten versterken het beeld dat energiehubs toetsen zijn voor de werking van ons bestuurlijk-economisch stelsel. Ze maken zichtbaar waar de energietransitie stopt: in fragmentatie, gebrek aan businesscases, aarzelende incumbents, en het ontbreken van rechtvaardige verdelingsmechanismen. Zonder het oplossen van deze puzzelstukken blijft een technische oplossing als een energiehubs kansrijk, maar institutioneel zwak.

5.7. Samenvattend

Dit hoofdstuk bundelt praktijkstemmen, casuservaringen en de toetsing aan theorie. Uit de interviews, de cases Merwedekanaalzone en Balanswijk en de systematische beoordeling komt één rode draad naar voren: energiehubs zijn technisch kansrijk, maar institutioneel nog broos. Governance en juridische borging blijken meer bepalend voor succes dan technologische of financiële haalbaarheid. Daarbij opgemerkt dat de technische configuratie van een energiehubs complex kan zijn, maar dat benodigde technologieën zich al wel bewezen hebben. De toetsing van de hypothesen laat zien dat vooral de aannames over governance en beleid (H3 en H5) stevig overeind blijven; de veronderstellingen over structurele congestievermindering, gezamenlijke visievorming en eigenaarschap (H1, H2 en H4) worden slechts gedeeltelijk bevestigd.

De analyse maakt duidelijk dat verschillende actoren zoals gemeenten, netbeheerders en ontwikkelaars in de praktijk de trekkers zijn, terwijl corporaties, coöperaties en bewoners vaak een meer reactieve of secundaire positie innemen. Hun expliciete belang is leveringszekerheid, realisatie van woningbouw en betaalbare huisvesting, maar latente belangen als risicobeperking, reputatie en financiële zekerheid spelen minstens zo'n grote rol.

Voor effectieve participatie in energiehubs zijn bindende afspraken en kaders over eigendom en rolverdeling, juridische ruimte voor (collectieve) contracten, langjarige beleidsconsistentie, een robuuste businesscase en een doordacht sociaal ontwerp randvoorwaardelijk. Ontbreekt een van deze elementen, dan valt het concept snel terug in pilots en losse initiatieven.

6. CONCLUSIE, AANBEVELINGEN EN BEPERKINGEN

Dit hoofdstuk brengt de belangrijkste bevindingen van het onderzoek samen en plaatst ze in een bredere context. Waar hoofdstuk 5 de empirische resultaten heeft geanalyseerd, richt dit hoofdstuk zich op wat die inzichten betekenen voor de hoofdvraag, de beperkingen van het onderzoek en de lessen voor beleid, praktijk en vervolgonderzoek.

Energiehubs blijken geen louter technische innovatie, maar organisatorische en bestuurlijke constructies die samenwerking en afstemming vereisen op meerdere schaalniveaus. Het vraagstuk van netcongestie is daarmee vooral een governance- en uitvoeringsvraagstuk dat raakt aan hoe Nederland de energietransitie in de gebouwde omgeving vormgeeft.

Paragraaf 6.1 beantwoordt de onderzoeksvragen en duidt de implicaties van de resultaten voor het bredere energiesysteem. Vervolgens wordt in paragraaf 6.2 ingegaan op de conclusies waarbij wordt doorgepakt op de nieuwe inzichten uit paragraaf 5.6. Paragraaf 6.3 bespreekt de beperkingen van het onderzoek waarbij wordt ingegaan op de condities waaronder het onderzoek tot stand is gekomen, gevolgd door een afsluitende reflectie in 6.4.

6.1. Conclusie

De centrale vraag van dit onderzoek luidde in hoeverre energiehubs kunnen bijdragen aan het voorkomen van netcongestie in woningniewbouw, en onder welke condities zij effectief zijn. Het antwoord is genuanceerd, maar richtinggevend. Energiehubs bieden geen blauwdruk, maar wel een handelingsperspectief: ze laten zien dat de oplossing voor netcongestie niet uitsluitend technisch is, maar vooral bestuurlijk en ruimtelijk. Daarmee verleggen ze de aandacht van het verzwaren van infrastructuur naar het herinrichten van samenwerking en ruimtegebruik.

Uit de vergelijking tussen theorie en praktijk komen drie condities naar voren die bepalend zijn voor de effectiviteit van energiehubs, condities die elkaar versterken en niet afzonderlijk kunnen worden beschouwd. Die condities verklaren ook waarom er in de praktijk momenteel vooral wordt gestuurd op 'netbewuste nieuwbouw' en er nog geen echte energiehubs van start gaan conform de in dit onderzoek afgebakende definitie. Ook de inzet van tijdelijke noodgrepen, zoals een door de Provincie Noord-Holland (Provincie Noord-Holland, 2025) gesubsidieerde buurbatterij aan een woningcorporatie die nieuwbouw pleegt, illustreert de moeilijkheid om met een meer toekomstbestendige oplossing zoals een energiehub te komen.

De **eerste conditie** is de vroegtijdige integratie van energie-infrastructuur in gebiedsontwikkeling. Zoals ook in hoofdstuk 3 is uiteengezet, vraagt succesvolle implementatie van innovaties binnen complexe systemen om vroege inbedding in bestaande planprocessen. Wanneer energievoorziening pas ná de stedenbouwkundige fase wordt meegenomen, ontstaan lock-ins die congestiebeperking juist bemoeilijken. Uit de cases in hoofdstuk 5 blijkt dat waar gemeenten, ontwikkelaars en netbeheerders al in de verkenningsfase samenwerken, de kans groter is dat ontwerpkeuzes bijdragen aan systeembalans. Het vergt echter een ander soort planlogica: energie moet vanaf het begin worden beschouwd als ordenend principe.

De **tweede conditie** betreft governance en gedeelde verantwoordelijkheid. Hoofdstuk 5 laat zien hoe gefragmenteerde belangen en onduidelijkheden over eigenaarschap en zeggenschap de implementatie van energiehubs vertragen. De bereidheid van partijen om hun rol en belang te herschikken vraagt om lef. Het lef om te handelen terwijl nog niet alles bestuurlijk of juridisch is belegd. In de praktijk worden de randen van bestaande wettelijke kaders nog te weinig opgezocht,

terwijl juist daar vernieuwing begint. Dat handelingsvermogen wordt bovendien beperkt door het kennishiaat dat bestaat, met name bij lokale overheden. Veel gemeenten hebben bestuurlijke wil, maar missen de technische en juridische expertise om deze transformatie te dragen. Zonder dat transformatieve vermogen blijft samenwerking afhankelijk van enkele pioniers of ingehuurd professionals die niet altijd contractueel worden uitgedaagd tot uitgebreide kennisoverdracht.

De **derde conditie** is de financiële en juridische ruimte voor lokale flexibiliteit. Zoals eerder uiteengezet in hoofdstuk 2 en 5, ontbreekt die ruimte grotendeels. De huidige regelgeving laat nauwelijks energiedeling of lokale verrekening toe, en experimenteeruimte is schaars. Daarmee is ook de financiële basis nog wankel. Energiebedrijven zullen bovendien in het speelveld van energiedelen een bepalende rol krijgen: zij kunnen met hun tariefstructuren, meet- en verrekenmechanismen het speelveld maken of breken. Hun betrokkenheid is onmisbaar om energiehubs te laten doorgroeien van pilots naar structurele onderdelen van het nieuwe, decentrale energiesysteem.

Deze drie condities moeten gelijktijdig aanwezig zijn om effect te sorteren. Een energiehub die technisch goed ontworpen is maar geen bestuurlijk draagvlak heeft, of een hub met governance afspraken maar zonder financiële zekerheid, zal niet functioneren.

Hier bovenop ligt nog een overkoepelende randvoorwaarde: inzicht. Beweging op de drie condities ontstaat pas wanneer er scherp zicht is op het vertrekpunt, het toekomstige doel en tussentijdse updates. Data vormen daarvoor het fundament. Zonder betrouwbare en actuele informatie, over energieverbruik per minuut of kwartier, seizoenspatronen, gedragingen van apparatuur en gebruikersgedrag, blijft optimalisatie giswerk. Alleen met data gedreven inzicht kan lokaal, op gebiedsniveau worden gestuurd op evenwicht tussen opwek, opslag en afname. Meten is weten, maar meten vereist ook organiseren.

Samenvattend laat dit onderzoek zien dat de condities voor de realisatie van energiehubs in de huidige praktijk nog onvoldoende aanwezig zijn. Energie wordt nog te laat in gebiedsontwikkeling betrokken; governance en verantwoordelijkheid zijn gefragmenteerd belegd en doorspekt met tegengestelde belangen; en zowel de regelruimte als de financiële ruimte blijft beperkt. Zolang deze condities niet gelijktijdig en bewust worden ontwikkeld, blijft de energiehub niet meer dan een richtinggevend concept dat de contouren schetst van een nieuw energiesysteem, maar nog wacht op de institutionele en ruimtelijke bedding om werkelijk te kunnen wortelen.

6.2. Aanbevelingen

Dit onderzoek is verkennend van aard. De bevindingen bieden geen sluitende antwoorden, maar wel richtinggevende aanknopingspunten voor vervolgonderzoek, beleid en praktijk. Daarom zijn de aanbevelingen in deze paragraaf onderverdeeld in drie domeinen: i) vervolgonderzoek, waarin openstaande conceptuele en analytische vraagstukken kunnen worden verdiept; ii) praktijk en beleid, waarin wordt ingezoomd op de randvoorwaarden die nodig zijn om van experiment naar structurele toepassing te komen; en iii) een ontwikkelagenda voor governance en businessmodellen, waarin de inzichten uit dit onderzoek worden vertaald naar uitvoerbare concepten en samenwerkingsvormen. Samen schetsen deze drie sporen een route voor verdere professionalisering van energiehubs binnen de context van gebiedsontwikkeling, niet als technisch eindpunt, maar als lerend systeem waarin beleid, markt en kennisontwikkeling elkaar versterken. De aanbevelingen bouwen voort op de inzichten uit paragraaf 5.6 en adresseren de lacunes die voortkomen uit zowel de literatuur als de casuïstiek. In deze paragraaf worden diverse instrumenten aangereikt die in samenhang moeten

worden beschouwd. Op het einde van deze paragraaf is er daarom een kader opgenomen die deze samenhang expliciet duidt.

Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

De eerste aanbeveling vloeit voort uit de scope van dit onderzoek en de huidige stand van kennis. Omdat het debat over energiehubs in Nederland nog sterk vernauwt tot elektriciteit, is er behoefte aan meer onderzoek naar multi-energetische perspectieven. Daarbij zou de vraag centraal moeten staan in hoeverre de combinatie van energiedragers, zoals warmte, koude, opslag en waterstof, kan bijdragen aan congestievermindering. In dat kader verdient het ook aandacht hoe de aanleg van nieuwe warmtenetten piekbelasting op het elektriciteitsnet kan reduceren, ondanks de rem die de nieuwe Warmtewet hier momenteel op zet. Tot dusver lijkt de InnovaHub in Stad aan 't Haringvliet de enige (kleinschalige) energiehubs die momenteel in exploitatie is en onder andere experimenteert met energieopslag in waterstof (Nationaal Programma Regionale Energie Strategie, 2025).

Daarnaast lijkt meerjarig onderzoek naar hoe energiehubs zich in de tijd ontwikkelen van meerwaarde. Door meerdere initiatieven over langere tijd te volgen door een Multi Level Perspectief bril bezien, kan zichtbaar worden hoe projecten doorgroeien van experiment naar structureel onderdeel van het energiesysteem. Welke governance-mechanismen versnellen of vertragen deze overgang, en hoe beïnvloeden beleid, vertrouwen en leerprocessen elkaar daarin.

Een tweede richting betreft ruimtelijk-economisch onderzoek waarin energie-infrastructuur wordt gekoppeld aan planologische data. Methoden zoals Energy Potential Mapping (EPM) (Fremouw et al., 2020) kunnen worden ingezet om de ruimtelijke component van energieplanning concreet te maken. Door gebruik te maken van open data, GIS (Geografisch Informatie Systeem waarin ruimtelijke gegevens op locatieniveau kunnen worden geraadpleegd) en visualisaties kan per wijk of bouwblok worden berekend waar ruimte is voor opwek, opslag of conversie, en hoe deze zich verhouden tot de bestaande netcapaciteit. EPM kan daarmee dienen als ontwerpinstrument dat gebiedsontwikkeling en energie-infrastructuur dichterbij elkaar brengt: niet langer als parallelle werelden, maar als geïntegreerd proces waarin fysieke ruimte, netbelasting en kostenafwegingen gezamenlijk worden besproken.

Tot slot ligt er potentie in verder onderzoek naar energiebesparing door slimme aansturing in plaats van matching van vraag en aanbod. In een periode waarin zowel netverzwaring als de noodzakelijke aanleg van lokale energie infrastructuur nog jaren vergt, ligt daar het meest directe handelingsperspectief op kortere termijn. De energiehubs krijgen dan meer de rol van reduceren en regisseren in plaats van balanceren. Daarbij moet worden gedacht aan een energiehubs als flexibiliteitsdienstverlener die slim stuurt op elektriciteitsverbruik tussen woningen en een wijkbatterij, zodat deze laatste kan dienen om verbruikspieken af te vlakken. Ook een energiehubs als gedragsplatform is denkbaar, bijvoorbeeld als centraal punt van een lokaal beloningssysteem voor peer-to-peer uitwisseling binnen een wijk waarbij deelnemers financieel profiteren van vermeden energieverbruik.

Aanbevelingen voor praktijk en beleid

De analyse laat zien dat energiehubs in de praktijk worden belemmerd door onduidelijke verantwoordelijkheidsverdeling, versnipperde sturing en uiteenlopende begrippen. Om te voorkomen dat iedere regio en iedere gemeente opnieuw het wiel moet uitvinden, is het wenselijk een Energiecommissaris aan te stellen, vergelijkbaar met de Deltacommissaris. Deze functionaris krijgt als taak het stimuleren van de ontwikkeling en uitvoering en monitoring van provinciale en gemeentelijke energiesysteemplannen tot 2050, het sturen op afstemming van energie-,

woningbouw- en infrastructuurprogramma's, het prioriteren van maatregelen per regio en het verduidelijken van de rolverdeling tussen provincies en gemeenten. Daarmee wordt de noodzakelijke systeemsturing aangebracht in een domein dat nu sterk wordt gekenmerkt door institutionele versnippering.

Daarnaast verdienen omgevingsprogramma's en gemeentelijke omgevingsplannen een integrale insteek. De huidige sectorale indeling ('wonen', 'mobiliteit', 'energie') sluit niet aan bij de complexiteit van de systeemverandering die nodig is om netcongestie te voorkomen. Een regionaal energiesysteemplan maakt het mogelijk energie-infrastructuur, verstedelijking, mobiliteit en natuur als één samenhangend systeem te benaderen, wat essentieel is voor congestievermindering. Het is belangrijk hierbij te benadrukken dat een regionaal energiesysteemplan de bestaande RES systematiek (Regionale Energie Strategie) vervangt. Waar de RES (Nationaal Programma RES, z.d.) zich primair richt op de transitie naar de duurzame opwek van energie, richt een energiesysteemplan zich op ruimtelijke, integrale inpassing (bovengronds en ondergronds), systeemefficiëntie en een optimale regionale afstemming van opwek, verbruik en opslag van energie.

Ook de data-infrastructuur moet worden versterkt. Het Normo (2025), dat vanaf 2026 als Gegevensuitwisselingsentiteit (GUE) fungeert, ontwikkelt standaarden voor uniforme en veilige toegang tot energiedata. Hierdoor wordt het mogelijk verbruiksprofielen, netbelasting en flexibiliteit in realtime te monitoren, wat de operationele aansturing van hubs ten goede komt. Marktpartijen moeten, via (financiële) verplichtingen of convenanten, bijdragen aan deze data laag, zodat beslissingen niet langer zijn gebaseerd op gefragmenteerde datasets maar op gedeelde feiten.

Tegelijkertijd vraagt de beleidscontext om stabiliteit en voorspelbaarheid. De voortdurende stroom aan ontwerpwetgeving en handreikingen helpt richting geven, maar schept ook meer complexiteit en onzekerheid. Er is een duidelijke behoefte aan een uniforme en voorspelbare procesaanpak, zodat gemeenten, netbeheerders en marktpartijen niet bij elke gebiedsontwikkeling opnieuw het wiel hoeven uit te vinden. Vanuit die optiek is het raadzaam dat de ministeries van VRO en KGG, in nauwe samenwerking met de Energiecommissaris, een routekaart Energiehubs ontwikkelen. Dit is een landelijk raamwerk, continu aangepast aan de laatste inzichten, dat standaardiseert welke stappen en afwegingen moeten worden doorlopen in ontwerp, governance, data-uitwisseling, contractvorming, juridische vastlegging, fiscale behandeling en monitoring.

Ontwikkelagenda voor governance en businessmodellen

De structurele opschaling van energiehubs vraagt om een governance architectuur waarin technische, sociale en financiële dimensies samenkomen. Een eerste stap is het ontwikkelen van integraal toetsbare businessmodellen die inzicht geven in waardecreatie, eigenaarschap, risicoverdeling en exploitatie. Instrumenten zoals het Business Model Canvas kunnen helpen om publieke en private belangen transparant te maken en te verankeren, specifiek gemaakt voor bepaalde rollen.

Enkele nieuwe rollen en businessmodellen die kunnen ontstaan, zijn:

- de EMS-operator, die verantwoordelijk is voor de technische optimalisatie van energiestromen;
- de Energy-sharing organisator, die afspraken over energiedeling en verrekening faciliteert en inzichtelijk maakt;
- de Lokale Regisseur, die al in de planfase verantwoordelijk is voor het verbinden van ruimtelijke, technische en maatschappelijke belangen.

Voor de legitimiteit en betaalbaarheid van energiehubs is het wenselijk dat deze rollen niet volledig in private handen komen. Publieke of semi-publieke arrangementen, eventueel onder aansturing van gemeenten of netbeheerders, kunnen bijdragen aan transparantie, voorspelbaarheid en inclusiviteit.

Een tweede pijler is het ontwikkelen van gebiedsgerichte investeringsfondsen (GIF's). Deze fondsen maken het mogelijk publieke en private middelen te bundelen voor energie-infrastructuur die meerdere gebiedsontwikkelingen bedient, zoals opslag, flexibiliteit, warmtenetten of kabeltracés. In tegenstelling tot anterieure overeenkomsten, die per project worden gesloten, maken GIF's het mogelijk om gebiedslogica te volgen en investeringen te faseren. Marktpartijen krijgen voorspelbaarheid; overheden profiteren van schaalvoordelen en betere coördinatie. Wel is het noodzakelijk dat bijdragen uit het fonds verrekend worden met projectbijdragen, om dubbele kosten voor marktpartijen te voorkomen.

In het verlengde hiervan kunnen Regionale Investeringsagenda's (RIA's) worden ingezet als instrument om samenwerking tussen Rijk, Provincies en Gemeenten te versterken. RIA's stellen regio's in staat om met het Rijk concrete uitvoeringsafspraken en investeringskeuzes te maken, waarbij gebiedsgerichte investeringsfondsen kunnen fungeren als onderlegger. Dit biedt niet alleen coördinatievoordeel, maar maakt het ook mogelijk om vroegtijdig te sturen op congestiebeperkende maatregelen.

Een derde, cruciale bouwsteen is het ontwikkelen van een gedeeld begrippenkader voor energiehubs. Uiteenlopende definities van kernbegrippen, zoals flexibiliteit, energiedeling en lokale opwek, leiden nu tot misverstanden, juridisch grijze zones en terughoudendheid bij financiers. Een uniform begrippenkader, ontwikkeld onder regie van de Energiecommissaris, vormt de basis onder juridische afspraken, standaardcontracten, risicoverdeling, financierbaarheid en acceptatie. TKI Urban Energy en TKI Bouw & Techniek, de twee topconsortia op het gebied van kennis en innovatie, zouden zich kunnen richten op het beheren en onderhouden van dit gedeelde begrippenkader en de kennisoverdracht op dit vlak. Dit past goed bij het karakter van de consortia, waarin al intensief wordt samengewerkt tussen publieke en private partijen.

Tot slot is aanvullend aandacht nodig voor het juridische en financiële instrumentarium waarmee tijdelijke ruimte kan worden gecreëerd voor innovatieve praktijken, in afwachting van structurele governance. In dit kader zijn BOPA-procedures (Buitenplanse Omgevingsplanactiviteit) relevant. Zij stellen gemeenten in staat om voorwaarden te verbinden aan innovatieve, gebied specifieke energieoplossingen die nog niet in het bestaande omgevingsplan passen. Hoewel de mogelijkheden beperkt zijn, bieden zij een waardevol overbruggingsinstrument totdat er structurele wijzigingen in het Omgevingsplan en in de toekenning van vergunningen kunnen worden doorgevoerd. Zodoende hebben contractvormen en financiering een wettelijke basis en een link naar vergunningen.

6.3. Beperkingen

Elk onderzoek vindt plaats binnen zijn eigen tijd en context, en dat geldt in het bijzonder voor dit onderzoek. De energietransitie ontwikkelt zich in een razend tempo, en de kennis over decentrale energiesystemen verandert bijna met de maand. Nieuwe rapporten van netbeheerders, adviesbureaus en kennisinstellingen verschijnen nog terwijl dit onderzoek werd uitgevoerd. Die voortdurende instroom van inzichten laat zien hoe pril het denken over de potentie van energiehubs in de woningniewbouw nog is. Het maakt dit onderzoek actueel, maar ook tijdelijk: de uitkomsten weerspiegelen een momentopname in een veld dat nog volop in beweging is. Naast deze algemeen

geldende beperking zijn er nog specifieke opmerkingen te maken over de wijze waarop het onderzoek is uitgevoerd.

Beperkingen in onderzoeksopzet en steekproef

De empirische basis van dit onderzoek bestaat uit twee casestudies en een reeks interviews met betrokken actoren. Dat leverde waardevolle, context specifieke inzichten op, maar beperkt de mogelijkheid om algemene uitspraken te doen over alle typen energiehubs. De gekozen cases, de Balanswijk in Almere en de Merwedekanaalzone in Utrecht, bevinden zich beide in stedelijke nieuwbouwcontexten. Daardoor blijven andere verschijningsvormen, zoals energiehubs op bedrijventerreinen of in bestaande wijken, buiten beeld om de vergelijking mee te maken. Ook de schaal waarop verschillende initiatieven opereren, beïnvloedt de generaliseerbaarheid: de governance vraagstukken in een binnenstedelijke verdichting in een te realiseren wijk met meerdere grondeigenaren verschilt wezenlijk van die van een greenfield woningnieuwbouwlocatie in de nabijheid van bedrijvenclusters.

Beperkingen in scope en focus

Het onderzoek heeft zich primair gericht op de governance, samenwerking en institutionele randvoorwaarden van energiehubs, en bewust nauwelijks op de technische dimensie. Dat is een keuze geweest, omdat juist de bestuurlijke en maatschappelijke kant tot dusver onderbelicht blijft. Daarmee is dit onderzoek van meerwaarde ten opzichte van alle analyses die er al zin en is het minimaal belichten van de technische dimensie een bewuste ‘beperking’. De techniek die nodig is om een energiehubs te laten functioneren zoals opslag, conversie, koppeling van warmte en elektriciteit, is in principe “proven”. De complexiteit ligt niet in de onderdelen, maar in de configuratie van technologieën en het slim afstemmen van al die componenten in een lokaal systeem. Zoals in de aanbevelingen belicht, vraagt dit om nieuwe rollen en verdienmodellen, zoals een EMS-operator, energy sharing organisator of lokale regisseur. Omdat deze rollen nog beperkt bestaan of formeel zijn belegd, was het moeilijk om ze empirisch te duiden. Ook is het voorstelbaar dat de huidige actoren, zoals bijvoorbeeld netbeheerders, zich in deze rollen gaan ontwikkelen. De uitwerking van zulke organisatorische innovaties blijft dus grotendeels onbelicht in dit onderzoek.

Daarnaast kent het onderzoek een inhoudelijke beperking die voortkomt uit de nationale focus in het debat over netcongestie. Zowel in beleid als in onderzoek, dit onderzoek inbegrepen, wordt de energiehubs vaak benaderd als een instrument om elektriciteitscongestie te verlichten. Daarmee raakt het bredere concept van de energiehubs, zoals dat in de internationale wetenschappelijke literatuur wordt beschreven, deels uit beeld. In die wetenschappelijke benadering wordt de energiehubs juist gedefinieerd als een multi-energiesysteem, waarin elektriciteit, warmte, koude en eventueel waterstof integraal worden geoptimaliseerd. Het Nederlandse discours en de empirische cases beperken zich echter vrijwel geheel tot de elektriciteitsinfrastructuur. Daardoor blijven de kansen en complexiteiten van multi-energetische koppelingen, bijvoorbeeld met een grotere rol van warmte-opslag of conversietechnologie van waterstof naar elektriciteit, buiten de scope van dit onderzoek.

Beperkingen door dynamiek van het beleidsveld

De beleidscontext rondom energiehubs is voortdurend in ontwikkeling. Terwijl dit onderzoek liep, verschenen onder andere de Handreiking Stimuleringsprogramma Energiehubs 2024 van RVO en modelovereenkomsten voor energiehubs vanuit RVO's juridische gereedschapskist. Ook de ACM introduceerde een ontwerpbesluit voor groepstransportovereenkomsten, dat relevant is voor de decentrale energiesamenwerking. Daarnaast verschenen er meerdere kamerbrieven die raken aan netcongestie en energiehubs. Sommige juridische kaders, zoals de Wet collectieve warmtevoorziening en de nieuwe Energiewet, zijn nog (deels) in ontwikkeling of nog niet volledig

ingevoerd. Dit betekent dat delen van de governance vraagstukken in dit onderzoek gebaseerd zijn op ontwerp- of interpretatieve aannames: hoe wetgeving uiteindelijk concreet wordt vormgegeven én toegepast, kan wezenlijk invloed hebben op de praktische uitvoerbaarheid van de bevindingen.

Beperkingen in datatoegang en interpretatie

Niet alle relevante informatie was openbaar of beschikbaar voor onderzoek. Financiële modellen, technische ontwerpen en juridische contracten van de casussen zijn vertrouwelijk of zijn nog in ontwikkeling. Daardoor kon slechts beperkt worden gekeken naar concrete businesscases of rekenmodellen die de economische houdbaarheid van een energie hub helpen onderbouwen. De interpretaties in dit onderzoek zijn dan ook gebaseerd op kwalitatieve gegevens, zoals gesprekken, documenten en observaties en niet op kwantitatieve modelresultaten.

Beperkingen door de onderzoeker zelf

Ten slotte verdient ook de rol van de onderzoeker vermelding. De betrokkenheid bij het veld, als sectorspecialist die het thema ook beroepsmatig volgt, biedt een rijk netwerk en actuele kennis, maar kan onbewust ook de blik kleuren. Om die reden is gekozen voor triangulatie tussen bronnen, terugkoppeling van bevindingen aan respondenten en het expliciet verantwoorden van aannames.

Samenvattend laat dit onderzoek zien dat de beperkingen niet zozeer het gevolg zijn van onvolkomenheden in de aanpak, maar van de vloeibare werkelijkheid waarin energiehubbs zich ontwikkelen. De technologie is er, maar de spelregels en structuren moeten nog worden gevormd. Daarmee is dit onderzoek een momentopname in een veld dat nog geen vaste grond kent en kenmerkt het een fase waarin proberen, leren en vervolgens daarop aanpassen nog belangrijker is dan zeker weten.

6.4 Reflectie

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat energiehubbs meer zijn dan een technische interventie tegen netcongestie: ze markeren een bredere verschuiving in denken over de inrichting van onze leefomgeving. In plaats van de vraag hoe we het bestaande net kunnen versterken, zou de centrale vraag moeten luiden: hoe ontwerpen we gebieden waarin de energievoorziening, gevoed door een diversiteit aan energiedragers, als vanzelf meebeweegt met het gebruik van ruimte? Dat vraagt om integratie in de planvorming vanaf de eerste schets waarbij energie, bodem, water en verstedelijking niet langer afzonderlijke domeinen zijn, maar één samenhangend systeem.

Recente beleids- en onderzoeksinitiatieven ondersteunen dit perspectief. De eindnotitie van het onafhankelijke innovatienetwerk Transform, 'Met nieuw perspectief naar 2030', benadrukt dat waardering van decentrale oplossingen essentieel is om het energiesysteem toekomstbestendig te maken (Edelenbos, 2025). Eveneens stelt een recente Kamerbrief over de aanpak netcongestie (Ministerie van Klimaat en Groene Groei, 2025c) dat slimmer benutten en beter spreiden van de bestaande netcapaciteit cruciaal is voor de bouwopgave. Beide documenten markeren een duidelijke koerswijziging: weg van louter netverzwaring, richting integraal ruimtegebruik en lokale veerkracht.

De discipline gebiedsontwikkeling heeft van nature al een multidisciplinair en integraal karakter. In deze praktijk werken stedenbouwkundigen, ontwikkelaars, planologen, infra- en energieadviseurs, financiële partijen en maatschappelijke organisaties samen om ruimtelijke, sociale en economische belangen te verbinden. Binnen veel Nederlandse gebiedsontwikkelingsprojecten wordt al gewerkt vanuit integrale ontwikkelstrategieën waarin functies, disciplines en geldstromen vanaf de start worden gecombineerd. In het energiedomein is kennis nog vaak sterk verkokerd en worden er veel

zaken projectmatig georganiseerd. Juist daardoor ligt er een expliciete kans voor de gebiedsontwikkeling discipline om een gidsrol te vervullen richting integrale energievraagstukken. Door bijvoorbeeld energiehubs vanaf de planfase te verweven met ruimtelijke ontwikkeling, kan de energietransitie beter worden verankerd in de fysieke leefomgeving.

Bovendien kan er ook worden gezocht naar meervoudige waarde creatie in stedelijke ontwikkeling, waarbij publieke en private projecten meerwaarde creëren die verder gaat dan alleen financiële winst. Dit betekent dat er een breder investeringsperspectief wordt gehanteerd om ook maatschappelijke doelen te bereiken, zoals het aanpakken van de uitdaging van netcongestie en de beperkingen die dit opwerpt. Dit wordt bereikt door samenwerking tussen publieke en private partijen, waarbij de sterke punten van beide sectoren worden gecombineerd om meer duurzame en kosteneffectieve oplossingen te realiseren (Verheul & Heurkens, 2021).

Tegelijkertijd maakt de praktijk duidelijk dat ondergrondse ruimte, bodemgesteldheid en waterkwaliteit steeds vaker de echte grenzen van de energietransitie vormen. De fysieke ruimte in de bodem is niet onbeperkt, en de kwaliteit van het watersysteem stelt harde voorwaarden aan waar warmte, opslag of laadinfrastructuur überhaupt kan worden toegepast. Een toekomstbestendig energiesysteem begint dus niet bij techniek, maar bij kennis van de ondergrond en bij het vermogen om die kennis te vertalen naar gebiedsontwerp. Dat pleit voor een meer prominente rol van de bodemgesteldheid in de systematiek van in paragraaf 6.3 aangehaalde EPM (Energy Potential Mapping).

Ook de sociale component verdient meer gewicht. De effectiviteit van energiehubs hangt niet alleen af van slimme aansturing of dynamische tarieven, maar van de bereidheid van mensen en instellingen om samen te werken in nieuwe vormen van eigenaarschap. De energietransitie vraagt daarom evenzeer om maatschappelijke intelligentie als om technologische efficiëntie. Vanuit die optiek kunnen energiehubs worden gezien als proeftuinen van een nieuwe ruimtelijke ordening van energie: plekken waar ontwerp, gedrag, data en governance elkaar kruisen. Ze dwingen beleidsmakers, ontwerpers en financiers om niet langer in sectoren te denken, maar in samenhang. Niet de kabel of de batterij staat daarin centraal, maar het ontwerp van de leefomgeving zelf, als drager van een toekomstbestendig energiesysteem.

Er wordt in rap tempo kennis opgedaan over energiehubs, netcongestie en energiebewuste gebiedsontwikkeling. Deze kennis is echter nog sterk versnipperd, wat geïllustreerd wordt door uiteenlopende platforms en communities. De inspanningen en ook de overkoepelende onderzoeksagenda's lijken nog nauwelijks op elkaar te zijn afgestemd. Daardoor ontbreekt een overkoepelend beeld van wat werkt, waar kennis lacunes kent en hoe lessen uit pilots kunnen worden opgeschaald.

Kennisdeling alleen volstaat echter niet. De praktijk vraagt om lokale overheden met voldoende transformatief potentieel om daadwerkelijk doorbraken te realiseren. Veel gemeenten beschikken op dit moment niet over de vereiste specialistische expertise rondom energie, netcapaciteit en complexe gebiedsontwikkelingen, waardoor zij sterk afhankelijk blijven van externe partijen en adviseurs. Dit beperkt hun vermogen om experimenteeruimte te creëren en institutionele innovatie te stimuleren. Juist dit transformatieve vermogen, zoals eerder beschreven in de governance-archetypes in hoofdstuk 3, is cruciaal om de stap te zetten van reactieve naar proactieve regie op de energietransitie en de uitdaging van netcongestie.

Het versterken van dit transformatieve potentieel vraagt om gerichte ondersteuning vanuit hogere overheden. Provincies en het Rijk kunnen bijvoorbeeld via interbestuurlijke kennisprogramma's, gezamenlijke investeringsfondsen en tijdelijke experimenteerregelingen bijdragen aan het vergroten van deze bestuurlijke slagkracht. Een concreet voorbeeld vormt de provincie Utrecht (Provincie Utrecht, 2025), die in samenwerking met gemeenten en netbeheerder Stedin een regionaal programmateam heeft opgezet om kennis te bundelen en versnelling te brengen in energiebewuste gebiedsontwikkeling. Nu acteren de Utrechtse gemeentes al in hoge mate transformatief, maar zulke initiatieven laten zien dat institutionele vernieuwing goed kan worden georganiseerd. Hier ligt bij uitstek een kans voor veel kleinere gemeentes in Nederland waar bestuurlijke slagkracht onder druk staat, mits er expliciet ruimte wordt gecreëerd om te leren en te experimenteren.

Wat de sector nu vooral nodig heeft, is een bundeling van kennis en ook regie op kennis: een onafhankelijke partij die de verbinding legt tussen technische innovaties, ruimtelijke ontwerpprincipes en governance praktijken. Een 'curatorrol' zou mogelijk passen binnen de bestaande structuren van de Stichting Kennis Gebiedsontwikkeling in samenwerking met het Nationaal Programma Energiesysteem, de ministeries van VRO en KGG en de eerder genoemde topconsortia Kennis & Innovatie (TKI Bouw & Techniek, TKI Urban Energy). Het ombuigen van de huidige kennisfragmentatie tot collectieve leerprocessen en één gedeeld handelingsperspectief lijkt onontbeerlijk voor een houdbare praktijk van woningbouw en stedelijke ontwikkeling die gefaciliteerd wordt door het decentrale energiesysteem in wording.

Samenhang in adaptief instrumentarium voor netbewuste gebiedsontwikkeling

Netbewuste gebiedsontwikkeling vraagt om vroegtijdige afstemming tussen ruimtelijke keuzes en energie-infrastructuur. Bestaande instrumenten, zoals grondexploitatie, gebiedsfondsen en BOPA's, leveren elk een bijdrage, maar missen afzonderlijk de regionale programmering en integrale benadering die nodig zijn om energievoorzieningen tijdig mee te ontwikkelen. De Regionale Investeringsagenda (RIA) vormt juist dit ontbrekende schakelpunt en geeft richting aan de inzet van deze instrumenten.

De RIA bundelt regionale ambities van Rijk, provincies, gemeenten en netbeheerders in één programmering en maakt inzichtelijk welke energie-infrastructuur waar en wanneer nodig is. Hierdoor ontstaat voorspelbaarheid voor alle betrokken partijen. Grondexploitaties en anterieure overeenkomsten kunnen deze regionale koers vervolgens juridisch verankeren op projectniveau, ook wanneer investeringen boven een project uit stijgen.

Gebiedsgerichte investeringsfondsen sluiten hierop aan door de financiering van gezamenlijke energie-investeringen mogelijk te maken. De RIA bepaalt de prioriteiten; het fonds vormt het instrument om deze investeringen gebiedsbreed te bekostigen, bijvoorbeeld op het niveau van een woonwijk. Daarmee wordt versnippering van middelen voorkomen en kan uitvoering tijdiger plaatsvinden.

De BOPA-procedure zorgt ten slotte voor planologische flexibiliteit wanneer innovatieve of urgente energievoorzieningen nog niet in omgevingsplannen zijn opgenomen. De RIA levert de beleidsmatige legitimatie voor de maatregel, terwijl de BOPA de benodigde juridische ruimte schept voor realisatie.

De samenhang tussen deze instrumenten wordt versterkt wanneer zij zijn ingebed in een regionaal energiesysteemplan. Zo'n plan vervangt de huidige RES-benadering doordat het niet alleen inzet op duurzame opwek, maar de gehele regionale energiehuishouding behandelt: de ruimtelijke inpassing van infrastructuur, de onderlinge samenhang tussen opwek, verbruik en opslag, en de relatie met verstedelijking, mobiliteit en natuur. Waar het energiesysteemplan de systeemlogica biedt, vertaalt de RIA deze naar programmering en investeringsafspraken; juridische, financiële en planologische instrumenten zorgen vervolgens voor uitvoering op gebieds- en projectniveau.

Het geheel vormt een adaptief instrumentarium dat niet alleen afzonderlijke projecten ondersteunt, maar de condities creëert voor een toekomstbestendig regionaal energiesysteem dat congestie voorkomt in plaats van achteraf bestrijdt.

Figuur 6.1: Kader samenhang adaptief instrumentarium voor netbewuste gebiedsontwikkeling

LITERATUURLIJST

Algemene Rekenkamer. (2022). *Actualisatie scenario's aardgasbaten 1966-2021*. Geraadpleegd op 8 mei 2025, van <https://www.rekenkamer.nl/publicaties/kamerstukken/2022/09/27/actualisatie-scenarios-aardgasbaten-1966-2021>

Aliabadi, F. E., Agbossou, K., Kelouwani, S., Henao, N., & Hosseini, S. S. (2021). Coordination of smart home energy management systems in neighborhood areas: A systematic review. *IEEE Access*, 9, 36417-36443.

Alliander. (2025, 19 juni). *Buurtbudget in nieuwbouwwijk Arnhem moet netcongestie slim oplossen*. Geraadpleegd op 20 november 2025, van <https://www.alliander.com/nl/nieuws/buurtbudget-in-nieuwbouwwijk-arnhem-moet-netcongestie-slim-oplossen/>

Andersen, A. D., & Geels, F. W. (2023). Multi-system dynamics and the speed of net-zero transitions: Identifying causal processes related to technologies, actors, and institutions. *Energy Research & Social Science*, 102, 103178.

Ansell, C., & Gash, A. (2008). Collaborative governance in theory and practice. *Journal of public administration research and theory*, 18(4), 543-571.

Autoriteit Consument & Markt. (2024, 17 september). *Ontwikkeling netkosten tot en met 2050 en de kostenverdeling via nettarieven*. Geraadpleegd op 15 december 2024, van <https://www.acm.nl/system/files/documents/ontwikkeling-netkosten-tot-en-met-2050-en-de-kostenverdeling-via-nettarieven.pdf>

Bianchi, R., Meijering, A., Baks, S., & Wolda, J. (2025, 21 februari). *Verkenning alternatief nettarieef kleinverbruik: Eindrapport*. Berenschot. In opdracht van Netbeheer Nederland. Geraadpleegd op 1 maart 2025, van <https://www.berenschot.nl/media/n4bjgbus/eindrapport-verkenning-alternatief-nettarief-kleinverbruik-berenschot-20250221.pdf>

Borrás, S., & Edler, J. (2020). The roles of the state in the governance of socio-technical systems' transformation. *Research Policy*, 49(5), 103971.

Borrás, S., & Edler, J. (Eds.). (2014). *The governance of socio-technical systems: explaining change*. Edward Elgar Publishing.

Bours, S. A., Wanzenböck, I., & Frenken, K. (2022). Small wins for grand challenges. A bottom-up governance approach to regional innovation policy. *European Planning Studies*, 30(11), 2245-2272.

Brisbois, M. C. (2019). Powershifts: A framework for assessing the growing impact of decentralized ownership of energy transitions on political decision-making. *Energy Research & Social Science*, 50, 151-161.

Bryman, A. (2016). *Social research methods* (5th ed.). Oxford University Press.

Cajot, S., Peter, M., Bahu, J. M., Guignet, F., Koch, A., & Maréchal, F. (2017). Obstacles in energy planning at the urban scale. *Sustainable cities and society*, 30, 223-236.

Caniëls, M. C., & Romijn, H. A. (2008). Strategic niche management: towards a policy tool for sustainable development. *Technology Analysis and Strategic Management*, 20(2), 245-266.

Choe, H., & Yun, S. J. (2017). Revisiting the concept of common pool resources: Beyond Ostrom. *Development and Society*, 46(1), 113-129.

De Graaf, R., De Jong, M., Koolman, G., Laban, M., Pfeiffer, E., Siebers, V., Roetert Steenbruggen, L., Thijssen, J., & De Wit, C. (2024, 8 juli). *De families van Energy Hubs in Nederland: Hoe te karakteriseren en wat is hun betekenis voor de energietransitie?* Royal HaskoningDHV. In opdracht van Topsector Energie en Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. Geraadpleegd op 22 maart 2025, van https://topsectorenergie.nl/documents/1237/20240708_Eindrapport_Families_Energy_Hubs_PDF.pdf

De Pascali, P., & Bagaini, A. (2018). Energy transition and urban planning for local development. A critical review of the evolution of integrated spatial and energy planning. *Energies*, 12(1), 35.

De Waal, L., (2025, 5 oktober). *Titelpagina afbeelding: visualisatie van een congestieloze woonwijk* [AI-gegeneerde afbeelding]. Gecreëerd met OpenAI/ChatGPT.

Den Draak, M., Ras, M., Van der Mark, E., Van Fessem, A., Hilhorst, E. & Verbeek-Oudijk, D. (2024, 18 december). *Op elkaar bouwen? Solidariteit in Nederland op het gebied van wonen*. Sociaal en Cultureel Planbureau. Geraadpleegd op 10 april 2025, van <https://www.scp.nl/publicaties/publicaties/2024/12/18/solidariteit-in-nederland-op-het-gebied-van-wonen>

Edelenbos, E. (2025, 30 september). *Met nieuw perspectief naar 2030: Een verhaal over echte waardering van energieoplossingen vanuit decentraal perspectief (Eindnotitie Verkenning Transform)*. In opdracht van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. Geraadpleegd op 5 oktober 2025, van <https://forthefutureofenergy.nl/message/102974/eindnotitie-verkenning--met-nieuw-perspectief-naar-2030>

EIGEN. (2023, 7 september). *Blauwdruk voor bedrijventerreinen: Blauwdruk voor het inpassen van grootschalige hernieuwbare energie op bedrijventerreinen*. Geraadpleegd op 17 juni 2025, van <https://www.eigen-energyhubs.nl/wp-content/uploads/Blauwdruk-voor-het-inpassen-van-grootschalige-hernieuwbare-energie-op-bedrijventerreinen-v0.6.pdf>

EIGEN. (2024). *Het financieren van de realisatie van Energy Hubs*. Geraadpleegd op 16 juni 2025, van <https://www.eigen-energyhubs.nl/wp-content/uploads/Het-financieren-van-de-realisatie-van-Energy-Hubs.pdf>

Eladl, A. A., El-Afifi, M. I., El-Saadawi, M. M., & Sedhom, B. E. (2023). A review on energy hubs: Models, methods, classification, applications, and future trends. *Alexandria engineering journal*, 68, 315-342.

Emerson, K., Nabatchi, T., & Balogh, S. (2012). An integrative framework for collaborative governance. *Journal of public administration research and theory*, 22(1), 1-29.

Energiewet. (2025). *Wet van 1 juli 2025, BWBR0050714*. Geraadpleegd op 15 juli 2025, van <https://wetten.overheid.nl/BWBR0050714/>

Europees Parlement & Raad van de Europese Unie. (2024, 13 juni). *Richtlijn (EU) 2024/1711 van het Europees Parlement en de Raad van 13 juni 2024 tot wijziging van Richtlijnen (EU) 2018/2001 en (EU) 2019/944 wat betreft verbetering van het elektriciteitsmarktontwerp van de Unie (PB L 1711, 26.6.2024)*.

EUR-Lex. Geraadpleegd op 20 juni 2025, van <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32024L1711>

Faas, M. (2024, 10 juni). *Netcongestie hindert woningbouwplannen; zijn er oplossingen?* Stadszaken. Geraadpleegd op 10 april 2025, van <https://stadszaken.nl/artikel/6227/netcongestie-hindert-woningbouwplannen-zijn-er-oplossingen>

Fremouw, M., Bagaini, A., & De Pascali, P. (2020). Energy potential mapping: Open data in support of urban transition planning. *Energies*, 13(5), 1264.

Friele, K., Roetert Steenbruggen, L., & Steman, B. (2025, maart). *Handreiking Netbewuste Gebiedsontwikkeling*. Royal HaskoningDHV. Opgesteld in opdracht van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO), op verzoek van TKI Urban Energy. Geraadpleegd op 27 april 2025, van https://topsectorenergie.nl/documents/1459/Handreiking_Netbewuste_Gebiedsontwikkeling_F3.pdf

Gastel, E. van. (2025, 29 januari). *NEN start met ontwikkelen norm voor slimme warmtepompen*. Solar Magazine. Geraadpleegd op 2 juni 2025, van <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i39605/nen-start-met-ontwikkelen-norm-voor-slimme-warmtepompen>

Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research policy*, 31(8-9), 1257-1274.

Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research policy*, 33(6-7), 897-920.

Geels, F. W. (2011). The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Environmental innovation and societal transitions*, 1(1), 24-40.

Geidl, M., Koeppl, G., Favre-Perrod, P., Klockl, B., Andersson, G., & Frohlich, K. (2006). Energy hubs for the future. *IEEE power and energy magazine*, 5(1), 24-30.

Gholinejad, H. R., Loni, A., Adabi, J., & Marzband, M. (2020). A hierarchical energy management system for multiple home energy hubs in neighborhood grids. *Journal of Building Engineering*, 28, 101028.

Gjorgievski, V. Z., Cundeva, S., & Georghiou, G. E. (2021). Social arrangements, technical designs and impacts of energy communities: A review. *Renewable Energy*, 169, 1138-1156.

Gungor, V. C., Sahin, D., Kocak, T., Ergut, S., Buccella, C., Cecati, C., & Hancke, G. P. (2012). Smart grid and smart homes: Key players and pilot projects. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 6(4), 18-34.

Hargroves, K., James, B., Lane, J., & Newman, P. (2023). The role of distributed energy resources and associated business models in the decentralised energy transition: a review. *Energies*, 16(10), 4231.

Het Normo. (2025). *Wat we doen* [Webpagina]. Geraadpleegd op 19 oktober 2025, van <https://hetnormo.nl/wat-we-doen/>

Hoetz, C., Straatsma, R., & Bianchi, R. (2024, 24 april). *Warmtenetten in vergelijking met andere warmteoplossingen*. Berenschot. Geraadpleegd op 5 maart 2025, van https://www.nvde.nl/wp-content/uploads/2024/05/Finale-rapportage_Warmtenetten-in-vergelijking-met-andere-warmteoplossingen_24042024.pdf

Hoogma, R., Kemp, R., Schot, J., & Truffer, B. (2002). Experimenting for sustainable transport: The approach of Strategic Niche Management (pp. 28-31). Routledge.

Howell, S., Rezgui, Y., Hippolyte, J. L., Jayan, B., & Li, H. (2017). Towards the next generation of smart grids: Semantic and holonic multi-agent management of distributed energy resources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 193-214.

Informatiepunt Leefomgeving (IPLO). (2024). *Energietransitie en de Omgevingswet: beschikbare instrumenten voor gemeenten*. Geraadpleegd op 3 mei 2025, van <https://iplo.nl/thema/energietransitie/energietransitie-instrumenten/>

Interprovinciaal Overleg. (2025, 23 oktober). *Nationaal rapport randvoorwaarden woningbouw 2025*. Geraadpleegd op 20 november 2025, van <https://www.ipo.nl/wp-content/uploads/sites/5/2025/10/231328-nationaal-document-woningbouw-2025pdf.pdf>

Knieriem, P. (2025, 29 augustus). *Gaskraan gaat open om vol stroomnetwerk te ontlasten: "Moeten niet in het donker komen te zitten"*. RTV Utrecht. Geraadpleegd op 7 september 2025, van <https://www.rtvutrecht.nl/nieuws/3934372/gaskraan-gaat-open-om-vol-stroomnetwerk-te-ontlasten-moeten-niet-in-het-donker-komen-zitten>

Köhler, J., Geels, F. W., Kern, F., Markard, J., Onsongo, E., Wieczorek, A., Alkemade, F., Avelino, F., Bergek, A., Boons, F., Fünfschilling, L., Hess, D., Holtz, G., Hyysalo, S., Jenkins, K., Kivimaa, P., Martiskainen, M., McMeekin, A., Mühlemeier, M. S., ... Wells, P. (2019). An agenda for sustainability transitions research: State of the art and future directions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 31, 1–32.

Kvale, S., & Brinkmann, S. (2009). *Interviews: Learning the craft of qualitative research interviewing* (2nd edition). SAGE Publications.

Le Dréau, J., Lopes, R. A., O'Connell, S., Finn, D., Hu, M., Queiroz, H., ... & Saeed, M. H. (2023). Developing energy flexibility in clusters of buildings: A critical analysis of barriers from planning to operation. *Energy and Buildings*, 113608.

Liander. (2024). *De Balanswijk*. Geraadpleegd op 22 mei 2025, van <https://www.liander.nl/kijkt-voorst/balanswijk>

López, I., Goitia-Zabaleta, N., Milo, A., Gómez-Cornejo, J., Aranzabal, I., Gaztañaga, H., & Fernandez, E. (2024). European energy communities: Characteristics, trends, business models and legal framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 197, 114403.

Maroufmashat, A., Elkamel, A., Fowler, M., Sattari, S., Roshandel, R., Hajimiragha, A., ... & Entchev, E. (2015). Modeling and optimization of a network of energy hubs to improve economic and emission considerations. *Energy*, 93, 2546-2558.

Milchram, C., Hillerbrand, R., van de Kaa, G., Doorn, N., & Kunneke, R. (2018). Energy justice and smart grid systems: evidence from the Netherlands and the United Kingdom. *Applied Energy*, 229, 1244-1259.

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2024, juni). *Voorontwerp Nota Ruimte*. Geraadpleegd op 22 maart 2025, van <https://open.overheid.nl/documenten/15f91cbd-8b38-47e7-a036-5f8f4310e886/file>

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. (2022, 21 December). *Landelijk Actieprogramma Netcongestie*. Geraadpleegd op 8 mei 2025, van <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/12/21/landelijk-actieprogramma-netcongestie>

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. (2023, 1 december). *Nationaal Plan Energiesysteem*. Geraadpleegd op 2 juni 2025, van <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/12/01/nationaal-plan-energiesysteem>

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. (2024a, 22 januari). *Actieagenda laagspanningsnetten*. Geraadpleegd op 3 juni 2025, van <https://open.overheid.nl/documenten/61058b9c-a3ea-424b-ab03-d7843a635d86/file>

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. (2024a, 22 januari). *Probleemanalyse bij congestie in het laagspanningsnet. Bijlage bij Actieagenda laagspanningsnetten*. Geraadpleegd op 21 maart 2025, van <https://open.overheid.nl/documenten/591f713d-e3c8-4acd-bd8f-c65e2fa85b78/file>

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat & Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2024b, april). *Routekaart Samenwerken in energiehubs: de nulmeting*. Geraadpleegd op 8 mei 2025, van <https://open.overheid.nl/documenten/d124cb8e-5099-493f-9c33-89b21dc73c6e/file>

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. (2024c, 25 april). Kamerbrief over versnelling en uitbreiding maatregelen netcongestie Flevoland, Gelderland, Utrecht. Geraadpleegd op 5 juni 2025, van [Kamerbrief over versnelling en uitbreiding maatregelen netcongestie Flevoland, Gelderland en Utrecht | Kamerstuk | Rijksoverheid.nl](https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2024/04/25/kamerbrief-over-versnelling-en-uitbreiding-maatregelen-netcongestie-flevoland-gelderland-en-utrecht)

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. (2024d, 5 juni). Kamerbrief over stimuleringsprogramma energiehubs 2024-2030. Geraadpleegd op 21 maart 2025, van <https://open.overheid.nl/documenten/1cf61537-cf9b-4e0a-9059-bc9e786de6cc/file>

Ministerie van Klimaat en Groene Groei. (2024, 7 oktober). Kamerbrief over randvoorwaarden voor de verdere uitrol van warmtenetten. Geraadpleegd op 10 februari 2025, van <https://open.overheid.nl/documenten/007e659c-a9ce-41a2-b44d-a9033ca27a3b/file>

Ministerie van Klimaat en Groene Groei. (2025a, 7 maart). *Schakelen naar de toekomst - over bekostiging elektriciteitsinfrastructuur*. Rijksoverheid. Geraadpleegd op 21 september 2025, van <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2025/03/07/schakelen-naar-de-toekomst-over-bekostiging-elektriciteitsinfrastructuur>

Ministerie van Klimaat en Groene Groei. (2025b, 25 april). Brief van de regering: Afronding Actieplan hybride warmtepompen en vervolgaanpak 2025-2030. Geraadpleegd op 12 mei 2025, van https://www.eerstekamer.nl/behandeling/20250425/brief_regering_af ronding_actieplan_2/document3/f=vmnc2cgg1psp.pdf

Ministerie van Klimaat en Groene Groei. (2025c, 6 oktober). Kamerbrief over de Aanpak netcongestie. Geraadpleegd op 10 oktober 2025, van <https://open.overheid.nl/documenten/8ed00aed-ba0b-459b-8d8b-68204eaf58f/file>

Mohammadi, M., Noorollahi, Y., Mohammadi-Ivatloo, B., & Yousefi, H. (2017). Energy hub: From a model to a concept—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 1512-1527.

Mohammadi, M., Noorollahi, Y., Mohammadi-ivatloo, B., Hosseinzadeh, M., Yousefi, H., & Khorasani, S. T. (2018). Optimal management of energy hubs and smart energy hubs—a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 89, 33-50.

Nationaal Programma Regionale Energiestrategie. (z.d.). *Wat is de RES?* Geraadpleegd op 22 november 2025, van <https://www.regionale-energiestrategie.nl/ga+de+res+gespreksassistent/ga+wat+is+de+res/default.aspx>

Nationaal Programma Regionale Energiestrategie. (2025, 26 juni). *Zo bouwt Stad aan 't Haringvliet aan het energiesysteem van de toekomst [Praktijkverhaal]*. Geraadpleegd op 19 oktober 2025, van <https://www.regionale-energiestrategie.nl/praktijkverhalen/3081138.aspx?t=zo-bouwt-stad-aan-'t-haringvliet-aan-het-energiesysteem-van-de-toekomst>

Netbeheer Nederland, Neprom, Provincie Utrecht, Provincie Gelderland, Stedin, Alliander, Enexis, Bouwend Nederland, Techniek Nederland & TKI Urban Energy. (2024, november). *Netbewuste nieuwbouw, ontwerpprincipes om netbewust te bouwen*. Geraadpleegd op 20 mei 2025, van <https://media.umbraco.io/bouwend-nederland/hsyl04s4/ontwerpprincipes-netbewuste-nieuwbouw-2.pdf>

Netbeheer Nederland. (2025, 24 maart). *Uitbreidingen van het net worden goed zichtbaar, wachtrijen blijven bestaan*. Geraadpleegd op 15 mei 2025, van <https://www.netbeheernederland.nl/artikelen/nieuws/uitbreidingen-van-het-net-worden-goed-zichtbaar-wachtrijen-blijven-bestaan>

Olde Agterhuis, B., Bolsius, T., & Van Egmond, A. (2024, november). *Slim met Stroom voor Groene Groei: Het kan wél: flexibilisering als oplossing voor de elektriciteitscrisis. Advies op hoofdlijnen*. Ministerie van Klimaat en Groene Groei. Geraadpleegd op 2 februari 2025, van <https://open.overheid.nl/documenten/ae5061c1-b1d8-4219-b340-81acaa0ed097/file>

Omgevingswet. (2016). *Wet van 23 maart 2016, houdende regels over het beschermen en benutten van de fysieke leefomgeving (Omgevingswet)*, BWBR0037885. Geraadpleegd op 20 september 2025, van <https://wetten.overheid.nl/BWBR0037885/>

Omroep Flevoland. (2025, 12 juni). *Almere uit zorgen over jarenlange stroomwachtrij: 'grote gevolgen voor stad'*. Geraadpleegd op 2 juli 2025, van <https://www.omroepflevoland.nl/nieuws/430362/almere-bezorgd-om-langere-stroomwachtrijsten-onacceptabel>

Ostrom, E. (2008). The challenge of common-pool resources. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 50(4), 8-21.

Provincie Noord-Holland. (2025, 12 november). *Provincie Noord-Holland helpt woningbouw met oplossing netcongestie*. Geraadpleegd op 16 november 2025, van https://www.noord-holland.nl/Actueel/Archief/2025/November_2025/Provincie_Noord_Holland_helpt_woningbouw_met_oplossing_netcongestie

Provincie Utrecht. (2024, 13 december). *Proef met netbewuste woningbouw: innovatieve oplossingen moeten vertraging door vol stroomnet voorkomen*. Geraadpleegd op 21 mei 2025, van <https://www.provincie-utrecht.nl/actueel/nieuws/proef-met-netbewuste-woningbouw-innovatieve-oplossingen-moeten-vertraging-door-vol-stroomnet-voorkomen>

- Provincie Utrecht. (2025, 30 september). *Aanpak netcongestie – oplossingen voor nieuwbouw*. Geraadpleegd op 20 oktober 2025, van <https://www.energietransitieutrecht.nl/onderwerpen/energie-infrastructuur-en-netcongestie/aanpak-netcongestie-oplossingen-voor-nieuwbouw>
- Reijnders, V. M., van der Laan, M. D., & Dijkstra, R. (2020). Energy communities: A Dutch case study. In *Behind and beyond the meter* (pp. 137-155). Academic Press.
- Reis, I. F., Gonçalves, I., Lopes, M. A., & Antunes, C. H. (2021). Business models for energy communities: A review of key issues and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 144, 111013.
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2024a). *SDE++ 2024: Brochure en voorwaarden voor subsidieaanvraag*. Geraadpleegd op 3 mei 2025, van https://english.rvo.nl/sites/default/files/2024-09/Brochure_SDE_English_20240906.pdf
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2024b, juni 24). Stimuleringsprogramma Energiehubs. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/energiehubs#stimuleringsprogramma-energiehubs>
- Rijksoverheid. (z.d.). *Klimaatverandering beperken*. Geraadpleegd op 21 september 2025, van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/klimaatverandering-beperken>
- Sadeghi, H., Rashidinejad, M., Moeini-Aghtaie, M., & Abdollahi, A. (2019). The energy hub: An extensive survey on the state-of-the-art. *Applied Thermal Engineering*, 161, 114071.
- Schonebeek, K. (2025, 13 februari). *De balanswijk als oplossing voor netcongestie met de netbeheerder als gebiedsontwikkelaar*. Gebiedsontwikkeling.nu. Geraadpleegd op 24 mei 2025, van <https://www.gebiedsontwikkeling.nu/artikelen/de-balanswijk-als-oplossing-voor-netcongestie-met-de-netbeheerder-als-gebiedsontwikkelaar/>
- Schot, J., & Geels, F. W. (2013). Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy. *The Dynamics of Sustainable Innovation Journeys*, 17-34.
- Sepponen, M., & Heimonen, I. (2016). Business concepts for districts' Energy hub systems with maximised share of renewable energy. *Energy and Buildings*, 124, 273-280.
- Smoor, P.-P., & Van Voskuilen, R. (2025, 5 september). *Handreiking netbewuste energieconcepten voor nieuwbouwwoningen*. Nuna Energy & Bureau Buitenklank. In opdracht van Alliander, Stedin, Bouwend Nederland, Techniek Nederland en Neprom. Geraadpleegd op 10 september 2025, van <https://netbewustbouwen.com/wp-content/uploads/2025/09/250908-Handreiking-netbewuste-energieconcepten-voor-nieuwbouwwoningen-DEFINITIEF.pdf>
- Ter Haar, B., Huygen, A., Steg, L., Boot, P., De Coninck, H., Stuij, B., Moonen, A., Van Tilburg, R., Tezel, G. en Hajer, M. (2023, april). *Energie door perspectief; rechtvaardig, robuust en duurzaam naar 2050*. Expertteam Energiesysteem. Geraadpleegd op 10 mei 2025, van <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/04/13/energie-door-perspectief-rechtvaardig-robuust-en-duurzaam-naar-2050>
- Topsector Energie – Systeemintegratie. (2021, december). *Energy Hubs: Vitale knooppunten in een energiesysteem (Versie 2)*. Geraadpleegd op 22 maart 2025, van https://topsectorenergie.nl/documents/294/TSE_SI_Energy_Hubs_202112.pdf

Van Cappellen, L., Bongaerts, M., Groenewegen, H., van Santen, W., & Vendrik, J. (2024, december). *Wat is de maatschappelijke waarde van energiehubs? MKBA, businesscases en belemmeringen voor 2025 tot 2035*. CE Delft. Geraadpleegd op 30 januari 2025, van <https://ce.nl/publicaties/wat-is-de-toegevoegde-waarde-van-energiehubs/>

Van den Bragt, P. (2024, 14 juni). *Maak energie nu al integraal onderdeel van de verstedelijking van morgen*. Gebiedsontwikkeling.nu. Geraadpleegd op 12 april 2025, van <https://www.gebiedsontwikkeling.nu/artikelen/maak-energie-nu-al-integraal-onderdeel-van-de-verstedelijking-van-morgen/>

Van den Dobbelsteen, A., Roggema, R., Tillie, N., Broersma, S., Fremouw, M., & Martin, C. L. (2018). *Urban energy masterplanning approaches, strategies, and methods for the energy transition in cities*. In *Urban Energy Transition* (pp. 635-660). Elsevier.

Van Mierlo, M. (2024, 3 januari). *Plannen netbeheerders tonen maakbaarheidsgat tot 25%*. Energiea. Geraadpleegd op 31 december 2024, van <https://energiea.nl/plannen-netbeheerders-tonen-maakbaarheidsgat-tot-25/>

Van Rossum du Chattel, M. (2024, 15 maart). *Netcongestie: elektrische auto's mogelijk helemaal niet meer opladen in Utrecht*. RTV Utrecht. Geraadpleegd op 6 september 2025, van <https://www.rtvutrecht.nl/nieuws/3710260/netcongestie-elektrische-autos-mogelijk-helemaal-niet-meer-opladen-in-utrecht>

Van Sambeek, H., Westerga, R., Wijbrandi, W., Konsman, M., Magan, I., & Taminiau, F. (2024, november). *De rol van slimme apparaten bij netcongestie op het laagspanningsnet: Een analyse van flexibiliteitsmogelijkheden, interoperabiliteit en beleidsopties*. TNO. Geraadpleegd op 10 mei 2025, van <https://open.overheid.nl/documenten/c0209c90-8d65-4233-a255-124d9bd78608/file>

Verheul, W. J., & Heurkens, E. (2021). *Meervoudige waardecreatie van publieke en private projecten in stedelijke ontwikkeling*. Grondzaken en Gebiedsontwikkeling, 2, 12-17. Geraadpleegd op 8 oktober 2025, van https://www.erwinheurkens.com/wp-content/uploads/2021/04/2021_Verheul-Heurkens_Meervoudige-waardecreatie-van-publieke-en-private-projecten-in-stedelijke-ontwikkeling.pdf

Vernay, A. L., Sebi, C., & Arroyo, F. (2023). *Energy community business models and their impact on the energy transition: Lessons learnt from France*. *Energy Policy*, 175, 113473.

VNG (2023, juni 2023). *Handreiking Ruimtelijke Inpassing van Energie Infra*. Geraadpleegd op 5 april 2025, van https://vng.nl/sites/default/files/2023-07/handreiking_ruimtelijke_inpassing_van_energie_infra_20230621.pdf

VNG (2024, 10 april). *Notitie Energie Delen*. Geraadpleegd op 1 april 2025, van <https://vng.nl/sites/default/files/2024-04/vng-notitie-energie-delen-wgo-15-april-2024.pdf>

Von Wirth, T., Gislason, L., & Seidl, R. (2018). *Distributed energy systems on a neighborhood scale: Reviewing drivers of and barriers to social acceptance*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 2618-2628.

Wang, H., & Ran, B. (2023). *Network governance and collaborative governance: A thematic analysis on their similarities, differences, and entanglements*. *Public management review*, 25(6), 1187-1211.

Wolsink, M. (2012) The research agenda on social acceptance of distributed generation in smart grids: Renewable as common pool resources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (1), 822-835.

Wolsink, M. (2020). Distributed energy systems as common goods: Socio-political acceptance of renewables in intelligent microgrids. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 127, 109841.

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications; design and methods* (Vol. 6). SAGE Publications.

Zomer, S., Verhoeven, R., Tonneijck, S., Posthumus, A., & Dippell, A. (2024, november). *Waarom energiegemeenschappen de energiehubs van de toekomst zijn. Een vergelijking tussen energiegemeenschappen en (smart) energiehubs*. Local4Local, Energie Samen, Windunie, en om | nieuwe energie. Geraadpleegd op 5 januari 2025, van <https://www.local4local.nu/wp-content/uploads/2024/12/Local4Local-Een-vergelijking-tussen-energiegemeenschappen-en-smart-energiehubs-Final-DEF-2-1.pdf>

BIJLAGE A: INFORMED CONSENT INSTRUCTIE (MAIL)

Informed Consent - Interview

Dit interview hoort bij de masterscriptie 'Met Energiehubs naar een congestieloze woonwijk?'.

Beste deelnemer,

Hartelijk dank dat u deelneemt aan dit interview voor mijn masterscriptie aan de Erasmus Universiteit en TU Delft. Dit interview vindt één-op-één plaats via Microsoft Teams en wordt gehouden in een semigestructureerde vorm. Dit betekent dat er enkele vaste vragen zijn, maar dat er ruimte is om hier vrij op door te gaan.

Het doel van dit onderzoek is om te onderzoeken in hoeverre een energiehub op wijkniveau netcongestie in de woningnieuwbouw kan voorkomen of verminderen. Door middel van de scriptie wordt inzicht verkregen in uitdagingen en belemmeringen die een mogelijke opschaling van energiehubs in de weg staan. Ook wordt inzicht verkregen in betrokken stakeholders, samenwerking en governance die instrumenteel zijn om een systeeminnovatie zoals een energiehub te laten slagen. Het interview duurt ongeveer 50 minuten.

De gegevens worden gebruikt voor een masterthesis die gepubliceerd zal worden in de repository van de TU Delft/Erasmus Universiteit. Mogelijk zal op basis van de masterthesis ook een wetenschappelijke publicatie worden opgesteld. U wordt gevraagd deel te nemen aan een één-op-één semigestructureerd interview om inzicht te verkrijgen in de implementatie van energiehubs.

Het interview wordt opgenomen. Deze opname wordt gebruikt om een samenvatting van het interview te maken. Deze samenvatting wordt met u gedeeld en u krijgt de mogelijkheid om informatie uit de samenvatting te laten verwijderen. De samenvatting wordt gebruikt voor de analyse. Anonimiteit wordt gewaarborgd door alleen een overzicht te tonen van de typen organisaties waarmee geïnterviewden verbonden zijn en door een algemene analyse van de verzamelde informatie te geven. Er worden geen direct herleidbare gegevens van de geïnterviewde opgenomen in het eindproduct. Dit onderzoek kan leiden tot een (wetenschappelijk) artikel. De geluidsopnamen en transcripties worden maximaal twee jaar bewaard, om een eventuele publicatie te ondersteunen. Alleen het onderzoeksteam (onderzoeker, eerste begeleider, tweede begeleider) heeft toegang tot deze gegevens. Mocht een publicatie plaatsvinden, dan blijft u anoniem en blijven alle privacy maatregelen zoals beschreven van kracht.

Uw deelname aan dit onderzoek is geheel vrijwillig en u kunt op elk moment stoppen. U bent vrij om vragen over te slaan.

Zoals bij elke online activiteit bestaat altijd het risico op een datalek. Wij zullen echter ons uiterste best doen om uw antwoorden in dit onderzoek anoniem te houden. Anonimiteit wordt gewaarborgd doordat in de samenvatting van het interview geen persoonlijke gegevens worden opgenomen. Wij beperken eventuele risico's doordat de gegevens alleen toegankelijk zijn voor het onderzoeksteam (de hoofdonderzoeker (ikzelf); eerste begeleider (Jeroen van Haaren; tweede begeleider (nog te bepalen))).

Door het toegestuurd formulier te ondertekenen bevestigt u dat u de verstrekte informatie hebt gelezen en begrepen en dat u vrijwillig instemt met deelname aan dit onderzoek

Als u nog vragen heeft voorafgaand aan het interview of achteraf, neem dan gerust contact met mij op.

Met vriendelijke groet,

Naam onderzoeker: Leontien de Waal

E-mailadres: leontien_de_waal@hotmail.com

Studie: Master City Developer (MCD)

Universiteiten: Erasmus Universiteit | TU Delft

Naam eerste begeleider | supervisor: Jeroen van Haaren MSc

E-mailadres: vanhaaren@ese.eur.nl

Universiteit: Erasmus Universiteit

BIJLAGE B: INFORMED CONSENT FORMULIER

Informed Consent - formulier

Titel van het onderzoeksproject:

Met Energiehubs naar een congestieloze woonwijk?

Onderzoek uitgevoerd door:

Leontien de Waal (Master City Developer, TU Delft | Erasmus Universiteit)

Doel van het onderzoek:

Het doel van dit onderzoek is om te onderzoeken in hoeverre een energiehub op buurtniveau netcongestie in de woningnieuwbouw kan voorkomen of verminderen. Door middel van de scriptie wordt inzicht verkregen in uitdagingen en belemmeringen die een mogelijke opschaling van energiehubs in de weg staan. Ook wordt inzicht verkregen in betrokken stakeholders, samenwerking en governance die instrumenteel zijn om een systeeminnovatie zoals een energiehub te laten slagen. Het interview duurt ongeveer 50 minuten.

A: ALGEMENE TOESTEMMING – DOEL VAN HET ONDERZOEK, TAKEN VAN DE DEELNEMER EN VRIJWILLIGE DEELNAME

1. Ik heb de informatie over het onderzoek gelezen of deze is aan mij voorgelezen. Ik heb de mogelijkheid gehad om vragen te stellen over het onderzoek en mijn vragen zijn naar tevredenheid beantwoord.

Ja Nee

2. Ik geef vrijwillig toestemming om deel te nemen aan dit onderzoek en begrijp dat ik vragen niet hoeft te beantwoorden en dat ik op elk moment kan stoppen met het onderzoek, zonder hiervoor een reden te hoeven geven.

Ja Nee

3. Ik begrijp dat deelname aan het onderzoek het volgende inhoudt:
- Een audio-opgenomen interview dat persoonlijk of via Microsoft Teams zal worden afgenomen. Bij Microsoft Teams wordt ook video opgenomen, maar alleen de audio-opname zal worden gebruikt in het onderzoek.
 - Het interview zal semigestructureerd zijn met open vragen.
 - De audio-opname wordt door de onderzoeker samengevat en deze samenvatting dient als input voor analyse. De analyse van de onderzoeksresultaten wordt voorafgaand aan de publicatie van de masterthesis nog aan mij voorgelegd. Ik kan op basis daarvan wijzigingen voorstellen.
 - De audio-opname zal worden opgeslagen op de beveiligde OneDrive van de onderzoeker. De opname wordt maximaal twee jaar na afronding van het onderzoek bewaard.

Ja Nee

4. Ik begrijp dat ik geen financiële vergoeding ontvang voor mijn deelname.

Ja Nee

5. Ik begrijp dat het onderzoek naar verwachting wordt afgerond in augustus 2025 en dat er mogelijk een (academische) publicatie uit volgt.

Ja Nee

B: MOGELIJKE RISICO'S VAN DEELNAME (INCLUSIEF GEGEVENSBESCHERMING)

6. Ik begrijp dat deelname aan het onderzoek de volgende risico's met zich meebrengt:
- Risico op uitlekken van informatie.
 - Risico op reputatieschade als gevolg van gelekte informatie.

Ja Nee

7. Ik begrijp dat de bovengenoemde risico's worden beperkt door de onderzoeker. De verzamelde informatie wordt geanonimiseerd door geen persoonlijke gegevens op te nemen in het eindproduct. Citaten of uitspraken worden geanonimiseerd. Daarnaast kan ik ervoor kiezen vragen niet te beantwoorden. Persoonsgegevens zijn alleen toegankelijk voor betrokken onderzoekers (corresponderende onderzoeker: Leontien de Waal; eerste begeleider: Jeroen van Haaren; tweede begeleider: xxxx).

Ja Nee

8. Ik begrijp dat deelname aan het onderzoek inhoudt dat specifieke persoonlijk identificeerbare informatie (zoals naam, interviewdata en functie) en bijbehorende onderzoeksgegevens worden verzameld, met het potentiële risico dat mijn identiteit bekend wordt.

Ja Nee

9. Ik begrijp dat sommige van deze gegevens worden beschouwd als gevoelige gegevens volgens de AVG, met name politieke opvattingen.

Ja Nee

10. Ik begrijp dat de volgende maatregelen worden genomen om het risico op een datalek te beperken en mijn identiteit te beschermen:
- Het interview wordt geanonimiseerd zoals uitgelegd bij punt 7.
 - De verzamelde gegevens worden tot twee jaar na afronding van de masterthesis bewaard.

Ja Nee

11. Ik begrijp dat persoonlijke informatie die mij kan identificeren (zoals mijn naam, contactgegevens en functie) niet buiten het onderzoeksteam gedeeld wordt.

Ja Nee

12. Ik begrijp dat de (identificeerbare) persoonsgegevens die ik verstrek tot twee jaar na de verwachte afstudeerdatum in augustus 2025 worden bewaard.

Ja Nee

C: PUBLICATIE, VERSPREIDING EN TOEPASSING VAN ONDERZOEK

13. Ik begrijp dat de niet-herleidbare informatie die ik verstrek, wordt gebruikt voor een masterthesis en dat de resultaten openbaar beschikbaar zullen zijn in de repository van de TU Delft (<https://repository.tudelft.nl>).

Ja Nee

14. Ik geef toestemming dat mijn antwoorden, meningen of andere inbreng anoniem geciteerd mogen worden in de onderzoeksresultaten.

Ja Nee

D: (LANGDURIGE) OPSLAG, TOEGANG EN HERGEBRUIK VAN GEGEVENS

15. Ik begrijp dat de geanonimiseerde gegevens worden gebruikt in het masteronderzoek van de onderzoeker en mogelijk ook in een (academische) publicatie.

Ja Nee

Ondertekening

Door dit formulier te ondertekenen bevestig ik dat ik de informatie heb gelezen en begrepen, en vrijwillig instem met deelname aan het onderzoek. Als ik dit formulier niet onderteken, kan ik er ook voor kiezen om voorafgaand aan het interview verbaal in te stemmen

Naam deelnemer: _____

Handtekening deelnemer: _____

Datum: ___ / ___ / _____

In het geval van verbale instemming

Ik heb als onderzoeker de deelnemer accuraat geïnformeerd en ik heb kunnen vaststellen dat de deelnemer bewust heeft ingestemd met hetgeen in het voorgaande formulier is voorgesteld.

Naam onderzoeker: _____

Handtekening onderzoeker: _____

Datum: ___ / ___ / _____

BIJLAGE C: INTERVIEW PROTOCOL

Deel I: Introductie

- Uitleggen doel van scriptieonderzoek en rol van interview
 - o Inzicht krijgen in de verschillende actoren en belangen rondom energiehubs
 - o Inzicht krijgen in condities, belemmeringen, randvoorwaarden rondom de opschaling van energiehubs t.b.v. het beperken van netcongestie in nieuwbouwwijken
 - o Verwijzen naar briefing waarin definitie van energiehubs wordt gegeven
- Uitleggen dat het interview maximaal 50 minuten duurt en dat het is opgebouwd met vragen in vier blokken
- Opname starten met consent
 - o Uitleggen dat de samenvatting wordt gebruikt voor de analyse
 - o Uitleggen dat anonimiteit is gegarandeerd (geen persoonsgegevens over geïnterviewden traceerbaar in onderzoek)
 - o Uiterlijk 2 jaar worden de opnames bewaard

Deel 2 - vragen: Algemeen en concept Energiehubs

1. Bij welke organisatie werkt u en wat is uw rol?
2. Bent u betrokken bij een energiehubs initiatief?
3. In welke mate bent u vanuit uw rol betrokken bij energievraagstukken in nieuwbouwwijken?
4. In de briefing heeft u de **definitie(*)** van een energiehubs kunnen lezen. Wat vindt u daarvan?

Deel 3 - vragen: Adoptie van innovaties in complexe systemen

5. We hebben net kort gesproken over wat een energiehubs behelst. Wat zijn voor u/uw organisatie de belangrijkste aspecten in de overweging om mee te werken aan de totstandkoming van een energiehubs?
 - a. Technologische aspecten?
 - b. Juridische/wetgeving aspecten?
 - c. Sociaal maatschappelijke aspecten?
 - d. Governance aspecten?
 - e. Financiële aspecten?
6. Wat zijn volgens u de belangrijkste belemmeringen voor de realisatie van een energiehubs?
 - a. Ten opzichte van bilaterale oplossingen en afspraken met andere actoren?
 - b. Ten opzichte van andere (collectieve) oplossingen om netcongestie te verminderen in de woningniewbouw op wijkniveau?
7. Wie ziet u naast uzelf en/of uw eigen organisatie als randvoorwaardelijke actoren bij de totstandkoming van een energiehubs?
 - a. Voor welke actoren ziet u een regierol en waarom?
 - b. Voor welke actoren ziet u een bijrol of faciliterende rol?
8. Wanneer is een energiehubs succesvol?
 - a. In termen van taken, activiteiten en verantwoordelijkheden die een energiehubs vervult?
 - b. Hoe zouden de prestaties van een energiehubs kunnen worden gemeten?

Deel 4 - vragen: Governance & Common Pool Resource management

9. Welke rol spelen private actoren (bedrijven) bij de ontwikkeling van energiehubs, hoe zouden ze moeten worden betrokken?
10. Welke rol spelen toekomstige eigenaren-bewoners of huurders bij de ontwikkeling van

energiehubs, hoe zouden ze moeten worden betrokken?

11. Welke rol spelen overheden bij de ontwikkeling van energiehubs en hoe zouden ze moeten worden betrokken?
 - a. Beleidskant?
 - b. Diensten?
 - c. Besluitvorming?
12. Welke partijen, naast de zojuist genoemde, spelen op dit moment volgens u een sturende rol bij de totstandkoming van energiehubs?
13. Hoe zouden regels en afspraken binnen een energiehubs moeten worden gemonitord?
14. Welke potentiële conflicten zouden er kunnen ontstaan in een energiehubs?

Deel 5 - vragen: Toekomstbeeld Energiehubs

15. Hoe verhouden energiehubs zich tot mogelijke andere opschaalbare initiatieven
16. Hoe kan een energiehubs in 2030 in Nederland een standaard concept worden waarmee een nieuwbouwwijk wordt ontwikkeld?
17. Wat zijn specifieke acties, behoeftes die randvoorwaardelijk zijn t.b.v. standaardisering?

Deel 6 – afronding

- 18. Vragen of er nog zaken zijn die niet zijn besproken, maar wel aandacht verdienen
- 19. Vragen of er suggesties zijn voor interviews met andere mensen
- 20. Vragen of er nog documenten, rapporten etc. zijn die relevant zijn voor het onderzoek
- Bedanken voor deelname en afronden

***Definitie van een energiehubs – voorbereidende briefing respondenten**

Een energiehubs wordt in de literatuur vaak allereerst vanuit technisch perspectief beschreven als een interface tussen consumenten, producenten, opslag apparaten, transmissie apparaten. Hierbij is er een directe connectie of via conversie apparatuur, waarbij er 1 of meerdere energiedragers in het spel zijn. Een energiehubs is hiermee een systeem waarbinnen productie, transmissie, opslag en consumptie van diverse soorten energiedragers kan plaatsvinden (gas, zon, wind, geothermie). Belangrijkste voordelen van energiehubs zijn het efficiënte gebruik van energiebronnen, reductie van emissies (o.a. CO₂) en een reductie van totale kosten gemoeid met opwek, verbruik en opslag. In het energiesysteem van vandaag zal er steeds minder sprake zijn van een centraal gestuurd systeem waarbij fossiele brandstoffen de boventoon voeren. Ook zal er steeds minder sprake zijn van een gescheiden infrastructuur voor elektriciteit, gas en bijvoorbeeld waterstof. Het energiesysteem transformeert namelijk naar een duurzaam systeem met enkele centrale en talrijke gedistribueerde, decentrale opwekfaciliteiten, zoals zon- en windenergie.

Een energiehubs is in het toekomstige energiesysteem een lokaal knooppunt waar met behulp van slimme technologie zoals AI de lokale vraag naar energie goed kan worden afgestemd op het lokale aanbod. Hiermee worden de investeringen in energie infrastructuur buiten de hubs beperkt. Haskoning benadrukt in een nieuw rapport (2024) het aspect van slimme sturing en de rol die energiehubs daardoor kunnen hebben in het beperken van netcongestie door flexibilisering van de energievraag en daarmee het balanceren van vraag en aanbod. Doordat binnen het verzorgingsgebied van de energiehubs niet alleen opwek en consumptie plaatsvinden, maar ook opslag en conversie, zijn er naast techniek ook een verdienmodel (financiële aspecten), een organisatievorm (juridische aspecten) en afspraken met alle stakeholders nodig (governance en beleid aspecten). Naar de sociale aspecten van energiehubs lijkt relatief nog wat minder onderzoek te zijn gedaan. Wel komt het ter sprake in literatuur over energie communities. Onderzoekers benoemen hierbij het gebrek aan de kwantificering van sociale impact, bijvoorbeeld ten aanzien van het beperken van energie armoede, in de papers die ze hebben bestudeerd.

In de dagelijkse praktijk over netcongestie in relatie tot woningniewbouw gaat de discussie steeds vaker over energiehubs als mogelijke oplossing. Vanuit de ervaringen met energiehubs in de context van bedrijven en bedrijventerreinen wordt geprobeerd om bepaalde mechanismes te transporteren. Denk bijvoorbeeld aan een gezamenlijk contract voor elektriciteitsverbruik met ook een gezamenlijke verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid om de capaciteit te beperken, wanneer de netbeheerder dat nodig acht. In een context van een energiehubs met voornamelijk particuliere gebruikers kan dit echter voor uitdagingen zorgen, gelet op bijvoorbeeld de financiële draagkracht van individuen en de vertrouwelijkheid ten aanzien van het delen van verbruik en opwek data. Het lijkt op dit moment reëel dat energiehubs in de woningniewbouw pas op de wat langere termijn goed verankerd zullen raken in het energiesysteem als oplossing voor het tegengaan van netcongestie. Ondertussen is er nog veel wat ontdekt en uitgezocht en afgesproken moet worden. Maatregelen zoals o.a. netbewuste nieuwbouw en regelbare opwek met gas WKK's worden ondertussen ingezet om te voorkomen dat de aanvragen voor het aansluiten van nieuwbouwwoningen op het elektriciteitsnet op een wachtlijst komen te staan.

BIJLAGE D: OVERZICHT VAN GEINTERVIEWDE PERSONEN

Een overzicht van geïnterviewde personen is op aanvraag beschikbaar bij de auteur van dit onderzoek. Dit geldt ook voor de transcripties en geluidsopnames van de betreffende interviews.

BIJLAGE E: OVERZICHT VAN FIGUREN EN TABELLEN

Lijst van figuren

Figuur 1.1	Structuur van het Nederlandse elektriciteitsnet
Figuur 1.2	Trias Energetica
Figuur 1.3	Transitie van centraal naar decentraal energiesysteem
Figuur 1.4.	Conceptueel model scriptie
Figuur 2.1	Conceptuele weergave van een energiehubs gebaseerd op aangehaalde literatuur
Figuur 2.2	Fasering energiehubs en financieringsbehoefte
Figuur 2.3	Gecombineerde netcapaciteitskaarten
Figuur 2.4	Stroomnetchecker Stedin
Figuur 2.5	Zeven waarde proposities voor burgerenergiegemeenschappen
Figuur 3.1	Multi – Level Perspective raamwerk
Figuur 3.2	Drie pijlers van GoC en hun relatie tot governance vraagstukken
Figuur 3.3	Vergelijking Collaborative Governance en Collaborative Governance Regime
Figuur 5.1	Overzichtskaart Merwede
Figuur 5.2	Blauwdruk Balanswijk 2.0 (collectieve warmte-variant)
Figuur 6.1	Samenhang in adaptief instrumentarium voor netbewuste gebiedsontwikkeling

Lijst van tabellen

Tabel 2.1	Kenmerken van een energiehubs
Tabel 2.2	Ontwerpprincipes bij energiegemeenschappen
Tabel 2.3	Ingrediënten voor energiehubs in de woningniewbouw
Tabel 2.4	Vier categorieën voor belemmering bij energiehubs
Tabel 3.1	Voorbeelden van actoren en sub-regimes
Tabel 3.2	Voorbeelden van lock-ins
Tabel 3.3	Causale processen toegepast op energiehubs en netcongestie
Tabel 3.4	Zes verschillende dimensies van leren bij niche-innovaties
Tabel 3.5	First-order vs. second-order learning
Tabel 3.6	Governance types, overheidsrollen en transformatief potentieel
Tabel 4.1	Coderingsraamwerk semi-gestructureerde interviews
Tabel 4.2	Toetsingskader voor effectiviteit en governance-aspecten energiehubs
Tabel 5.1	Scoring Merwedekanaalzone op toetsingskader
Tabel 5.2	Scoring Balanswijk op toetsingskader