

Elektrificatie van het energiesysteem in de gebouwde omgeving (MMIP 5)

Meerjarig Missiegedreven Innovatieprogramma

Versie 2.2 – 2 november 2021



Inhoudsopgave

| | |
|---|-----------|
| Samenvatting | 3 |
| Leeswijzer: Wijzigingen t.o.v. eerdere versies | 6 |
| 1 Inleiding | 7 |
| Totstandkoming MMIP 5 | 7 |
| Doelstellingen MMIP 5 | 7 |
| Huidige stand van zaken | 8 |
| Deelprogramma's | 9 |
| Samenhang met andere MMIP's en kennisagenda's | 10 |
| Samenhang met andere kennisagenda's | 11 |
| Inhoudelijk kader en uitgangspunten | 12 |
| 2 Beschrijving deelprogramma's | 19 |
| Deelprogramma 1 – Elektrificatie op gebouwniveau | 19 |
| Deelprogramma 2 – Elektrificatie van wijken & bedrijfsterreinen | 25 |
| Deelprogramma 3 – Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem van de gebouwde omgeving | 33 |
| Deelprogramma 4 – Elektrische infrastructuur in de gebouwde omgeving | 39 |
| 3 Doorsnijdende thema's | 44 |
| Maatschappelijk Verantwoord Innoveren | 44 |
| Digitalisering | 46 |
| Veiligheid | 48 |
| Human Capital | 49 |
| 4 Opzet van het innovatieprogramma | 50 |
| Missiegedreven, meerjarige aanpak | 50 |
| Instrumenten en financiering | 51 |
| Monitoring & Evaluatie | 54 |
| Communicatie, leren en disseminatie | 55 |
| Standaardisatie, normering, en certificering | 55 |
| Valorisatie, marktcreatie en wettelijke kaders | 56 |
| Samenwerking in regionale en internationale context | 57 |
| 5 Colofon | 59 |
| Bijlage 1 Overzicht stand van zaken | 63 |
| Bijlage 2 Omgevingsfactoren | 67 |
| Bijlage 3 Toelichting op flexibiliteit | 70 |
| Bijlage 4 Samenhang MMIP's Gebouwde Omgeving | 72 |
| Bijlage 5 Samenhang MMIP 5 en 13 | 75 |



Samenvatting

Aanleiding

Het kabinet heeft met het nationale Klimaatakkoord een centraal doel: het terugdringen van de uitstoot van broeikasgassen in Nederland. Voor deze opgave is kennis en innovatie nodig, welke wordt beschreven in dertien *Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma's* (MMIP's). Voor u ligt het vijfde MMIP, getiteld 'elektrificatie van het energiesysteem in de gebouwde omgeving'. Dit MMIP draagt bij aan missie B van het Klimaatakkoord (een CO₂-vrije gebouwde omgeving in 2050) en de tussendoelen die voor 2030 geformuleerd zijn.

In MMIP 5 ligt de nadruk op de elektriciteitsvoorziening in de gebouwde omgeving. Het elektriciteitssysteem komt door de energietransitie langzaam maar zeker onder druk te staan. Er zijn systeeminnovaties nodig om de gedistribueerde opwekking van elektriciteit te faciliteren, om pieken en dalen af te vlakken, om vraag en aanbod beter met elkaar in evenwicht te brengen en om slimmer om te gaan met elektriciteit en via conversie met andere energiedragers en -infrastructuren te verbinden. Zonder systeeminnovaties zal de energietransitie tegen grenzen oplopen, zoals de fysieke en financiële grenzen van netuitbreiding, grenzen aan de leveringszekerheid en aan de betaalbaarheid van het elektriciteitssysteem.

Verschillende systeeminnovaties tekenen zich af bij en in gebouwen, bij elektrische laadinfrastructuur, bij de opwek, opslag en conversie van duurzame elektriciteit, bij het combineren van vraag en aanbod van elektriciteit op gebiedsniveau en bij het aanbieden van flexibiliteit aan het grotere elektriciteitssysteem. De gebouwde omgeving is onderdeel van het (inter)nationale elektriciteitssysteem en moet daarmee flexibel elektriciteit kunnen uitwisselen. Een virtuele infrastructuur verbindt de fysieke infrastructuur met intelligente producten en diensten en maakt (lokale) systeemintegratie en flexibiliteitsopties mogelijk die nodig zijn voor een betrouwbare, efficiënte, betaalbare, slimme en maatschappelijk gedragen elektriciteitsvoorziening.

De energietransitie brengt een verandering teweeg in de wijze waarop het energiesysteem is georganiseerd en de baten en lasten van de energietransitie in de gebouwde omgeving vorm krijgen. Brede aandacht voor de soms (ogenschijnlijk) tegengestelde belangen en rollen van stakeholders is nodig, waarbij verder wordt gekeken dan de huidige wet- en regelgeving. Het nieuwe energiesysteem zal organisatorisch en institutioneel een meer bottom-up karakter krijgen. Het is belangrijk dat het nieuwe energiesysteem niet alleen technisch en economisch haalbaar is, maar dat ze ook breed geaccepteerd wordt in de maatschappij. Het is daarom ook van belang dat het nieuwe energiesysteem wordt vormgegeven vanuit relevante publieke waarden, zodat een werkelijk eerlijke, inclusieve en democratisch bestuurbare energiemarkt ontstaat.

Doelstellingen

Het MMIP is geen subsidieregeling met een eigen budget. Verschillende subsidieregelingen zullen gezamenlijk een bijdrage leveren aan het MMIP door innovaties in een deel van de innovatieketen een stap verder te helpen. Dit MMIP biedt



handvatten om met focus te werken aan die innovatiethema's die nodig zijn om de tussendoelen uit het Klimaatakkoord mogelijk te maken.

Dit MMIP werkt aan drie doelstellingen:

- 1 Opschaalbare oplossingen voor het faciliteren van een betrouwbaar, efficiënt, betaalbaar, slim, integraal en maatschappelijk gedragen systeem van opwek, opslag, conversie, transport en gebruik van elektriciteit in de gebouwde omgeving, met aandacht voor de lokale context, andere energiedragers in de gebouwde omgeving en de verbinding met het (inter)nationale energiesysteem.
- 2 Oplossingen die eindgebruikers (individueel en collectief) in staat stellen zelf vorm te geven aan en in te grijpen op de wijze waarop zij duurzaam voorzien in de eigen energiebehoefte, rekening houdend met de context van het (lokale) energiesysteem.
- 3 Het realiseren van de flexibele elektriciteitscapaciteit van en voor de gebouwde omgeving die in 2030 nodig zal zijn (inclusief elektriciteitsvraag voor transport in de gebouwde omgeving).

Er wordt vanuit verschillende routes aan deze doelstellingen gewerkt. Daarvoor zijn vier deelprogramma's geformuleerd die elk aan deze drie doelstellingen bijdragen. De deelprogramma's zijn:

1. Elektrificatie op gebouwniveau
2. Elektrificatie van wijken & bedrijfsterreinen
3. Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem van de gebouwde omgeving
4. Elektrische infrastructuur in de gebouwde omgeving

In de tabel op de volgende pagina zijn de kennis- en innovatievraagstukken per deelprogramma weergegeven.



| Thema | Kennis- en innovatievraagstukken |
|--|--|
| Deelprogramma 1 Elektrificatie op gebouwniveau | |
| 1.1 - Slimme energiediensten en flexibilisering van gebouwen | <ul style="list-style-type: none"> • Slimme energiediensten voor elektrificatie van woningen en bedrijfsgebouwen • Sociaal-maatschappelijke ontwerpprincipes voor slimme energiediensten |
| 1.2 - Technische bouwblokken voor het ontsluiten van flexibiliteit in gebouwen | <ul style="list-style-type: none"> • Standaarden en protocollen voor aansturing van apparaten • Nieuwe generatie gebouwbeheersystemen • Vermogenselektronica en smart-grid ready apparatuur • Elektrische opslagsystemen |
| Deelprogramma 2 Elektrificatie van wijken & bedrijfsterreinen | |
| 2.1 - Inpassing laadinfrastructuur in het energiesysteem | <ul style="list-style-type: none"> • Smart charging bij reguliere laadpunten • Geclusterde laadinfrastructuur • Heavy-duty laadinfrastructuur |
| 2.2 - Bottom-up oplossingen voor elektrificatie op gebiedsniveau | <ul style="list-style-type: none"> • Collectieve slimme energiediensten voor wijken en bedrijfsterreinen • Sociaal-maatschappelijke ontwerpprincipes voor collectieve slimme energiediensten • Lokale systeemintegratie • Tools en methodes voor ontwerp van het lokale energiesysteem |
| 2.3 - Technische bouwblokken voor energieflexibiliteit (op gebiedsniveau) | <ul style="list-style-type: none"> • (Door)ontwikkelen opslag- en conversietechnieken • Slimme aansturing van flexibele assets (multi-asset, multi-purpose) |
| Deelprogramma 3 Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem van de gebouwde omgeving | |
| 3.1 - Ontwerp en operationalisering van het toekomstige elektriciteitssysteem | <ul style="list-style-type: none"> • Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem in de gebouwde omgeving • Afsprakenstelsels en referentiearchitecturen voor de inzet van slimme energiediensten |
| 3.2 - Marktmechanismen voor flexibiliteit uit de gebouwde omgeving | <ul style="list-style-type: none"> • Coördinatiesystemen voor congestiemanagement • Laagdrempelige toegang tot (inter)nationale energiemarkten |
| Deelprogramma 4 Elektrische infrastructuur in de gebouwde omgeving | |
| 4.1 - Aanleg en uitbreiding van de elektriciteitsnetten | <ul style="list-style-type: none"> • Verbeterde methoden voor aanleg en uitbreiding van elektriciteitsinfrastructuur • Ruimtelijke inpassing van elektrische infrastructuur |
| 4.2 - Robuuste en levensbestendige elektriciteitsinfrastructuur | <ul style="list-style-type: none"> • Opties voor monitoring en control van lokale energie-infrastructuur • Power Quality • Elektromagnetische verstoring |

Tabel 1. Innovatieopgaven per deelprogramma van MMIP 5.



Leeswijzer: Wijzigingen t.o.v. eerdere versies

Dit innovatieprogramma is in 2019 tot stand gekomen onder verantwoordelijkheid van TKI Urban Energy, met medewerking van een breed scala aan personen en organisaties vanuit het bedrijfsleven, kennisinstellingen, de overheid en verschillende brancheverenigingen. In 2020 en 2021 is het document op bepaalde punten aangescherpt en geactualiseerd, mede op basis van feedback vanuit het Programma AdviesCollege, signalen uit de markt, voortgang in lopende innovatieprojecten en voortschrijdend inzicht (zie colofon).

De meest voorname wijzigingen zijn:

- Deelprogramma 1 is uitgebreid en heeft een bredere focus gekregen op elektrificatie van gebouwen gekregen, waar de focus voorheen erg nauw lag op gebouwbeheersystemen. Dit onderwerp is juist verschoven naar MMIP 3. Waar het programma voorheen een sterke focus had op IT-oplossingen, is de ontwikkeling van benodigde hardware in de nieuwe versie ook integraal meegenomen.
- Deelprogramma 2 is opnieuw opgesteld langs de assen van verschillende marktsegmenten: publieke laadinfrastructuur, wijken en bedrijfsterreinen. Het deelprogramma bouwt voort op deelprogramma 1 en beschouwt (collectief georganiseerde) bottom-up oplossingen voor elektrificatie op gebiedsniveau. Het thema 'inpassing van hernieuwbare elektriciteit op land' is geen onderdeel meer van dit innovatieprogramma, maar is nu verschoven naar MMIP 2, waardoor er een betere aansluiting ontstaat op missie A (een CO₂-vrij elektriciteitssysteem). Het onderwerp 'tijdelijke stroomvoorziening' is geen onderdeel meer van dit innovatieprogramma, gezien de snelle ontwikkeling die heeft plaatsgevonden.
- Deelprogramma 3 is verbreed qua insteek. Er is aandacht voor het samenspel van technische oplossingen, tariefstructuren en aansluitvoorwaarden, gereguleerde oplossingen en marktgebaseerde oplossingen dat nodig is om te komen tot een betrouwbaar, betaalbaar en maatschappelijk gedragen elektriciteitssysteem. Deze onderwerpen zijn niet per se nieuwe in MMIP 5, maar zijn nu meer gezamenlijk gegroepeerd. Daarmee wordt ook benadrukt dat het niet de visie is van dit innovatieprogramma om alle flexibiliteit via marktmechanismen te ontsluiten.
- In deelprogramma 4 is verder aangescherpt. De onderwerpen 'ruimtelijke inpassing van elektrische infrastructuur', 'elektromagnetische verstoring' en 'toepassing van vermogenselektronica' zijn toegevoegd aan dit deelprogramma.

Daarnaast zijn de titels van de deelprogramma's en onderliggende activiteiten gewijzigd, zijn enkele onderwerpen tussen deelprogramma's uitgewisseld en is de volgorde van de programma's aangepast, om zo het onderscheid en relatie tussen de deelprogramma's te verhelderen. Ook zijn de KPI's van elk deelprogramma verder uitgewerkt. Daarbij is ervoor gekozen om de KPI's in verschillende categorieën in te delen, een werkwijze die ook in MMIP 2 t/m 5 is overgenomen.



1 Inleiding

Totstandkoming MMIP 5

Het kabinet heeft met het nationale Klimaatakkoord een centraal doel: het terugdringen van de uitstoot van broeikasgassen in Nederland.

Als onderdeel van het Klimaatakkoord is een Integrale Kennis en Innovatieagenda opgesteld (IKIA), waarin beschreven is welke kennis en innovatie nodig is om de doelen in het klimaatakkoord mogelijk te maken. De IKIA formuleert dertien *Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma's* (MMIP's). Dit document betreft het vijfde MMIP, getiteld 'elektrificatie van het energiesysteem in de gebouwde omgeving'.¹

MMIP werkt aan oplossingen voor een betaalbaar, geïntegreerd en maatschappelijk gedragen elektriciteitssysteem in de gebouwde omgeving.

In MMIP 5 ligt de nadruk op de elektriciteitsvoorziening in de gebouwde omgeving. Het elektriciteitssysteem komt door de energietransitie langzaam maar zeker onder druk te staan. Er zijn systeeminnovaties nodig om de gedistribueerde opwekking van elektriciteit te faciliteren, om pieken en dalen af te vlakken, om vraag en aanbod beter met elkaar in evenwicht te brengen en om slimmer om te gaan met elektriciteit en via conversie met andere energiedragers en -infrastructuren te verbinden.

Het innovatieprogramma biedt focus en richting aan de kennis- en innovatievraagstukken op dit gebied. Zo draagt dit MMIP bij aan missie B van het Klimaatakkoord (een CO₂-vrije gebouwde omgeving in 2050) en de tussendoelen die voor 2030 geformuleerd zijn. Het meest relevante tussendoel is dat het energiesysteem in de gebouwde omgeving faciliteert dat minimaal 20% van het lokale energiegebruik binnen de gebouwde omgeving duurzaam wordt opgewekt.

Dit MMIP is onder verantwoordelijkheid van TKI Urban Energy tot stand gekomen, met medewerking van een breed scala aan personen en organisaties vanuit het bedrijfsleven, kennisinstellingen, de overheid en verschillende brancheverenigingen (zie colofon).

Doelstellingen MMIP 5

Dit meerjarige missiegedreven innovatieprogramma (MMIP) werkt aan drie doelstellingen:

- 1 Opschaalbare oplossingen voor het faciliteren van een betrouwbaar, efficiënt, betaalbaar, slim, integraal en maatschappelijk gedragen systeem van opwek, opslag, conversie, transport en gebruik van elektriciteit in de gebouwde omgeving, met aandacht voor andere energiedragers in de gebouwde omgeving en de verbinding met het (inter)nationale elektriciteitssysteem.

¹ Merk op dat de titel van MMIP 5 tijdens de uitwerking van het innovatieprogramma is gewijzigd ten opzichte van de oorspronkelijke titel in de IKIA 'Het nieuwe energiesysteem in de gebouwde omgeving in evenwicht'.



- 2 Oplossingen die eindgebruikers (individueel en collectief) in staat stellen om zelf vorm te geven aan en in te grijpen op de wijze waarop zij duurzaam voorzien in de eigen energiebehoefte, rekening houdend met de context van het (lokale) energiesysteem.
- 3 Het realiseren van de flexibele elektriciteitscapaciteit van en voor de gebouwde omgeving die in 2030 en daarna nodig zal zijn (inclusief elektriciteitsvraag voor transport in de gebouwde omgeving).

Huidige stand van zaken

Als vertrekpunt voor het opstellen van dit innovatieprogramma, is een analyse gemaakt van de huidige stand van zaken en het huidige innovatiesysteem (het maatschappelijk, ruimtelijk, financieel en institutioneel speelveld). Beide analyses zijn in de bijlage toegevoegd (bijlage 1 en 2).

Vanaf 2011 is er structureel gewerkt aan de thema's van dit MMIP. Maar de behoefte aan deze ontwikkelde oplossingen was nog beperkt, o.a. doordat Nederland van oudsher een zeer betrouwbaar elektriciteitssysteem heeft. De sterke groei aan elektrisch vervoer en de opkomst van zonne-energie brengen hier verandering in. Er zijn al meerdere jaren concrete situaties waar wind- en zonneparken niet kunnen aansluiten op het net in verband met congestie, maar sinds kort komen er ook signalen bij dat er congestie optreedt op bedrijventerreinen, niet alleen vanwege de groei van zonnedaken, maar ook door de stijgende elektriciteitsvraag. Daardoor ontstaat een groeiende behoefte aan oplossingen die in het kader van dit innovatieprogramma worden ontwikkeld. De opkomst van elektrische *heavy-duty* voertuigen (trucks, bussen) zal dit proces versterken.

Door de congestieproblematiek ontstaat een grote behoefte aan de opslag van energie. Batterijsystemen die afgelopen jaar zijn beproefd in onderzoek- en ontwikkelprojecten, vinden nu een weg naar de markt via demonstratieprojecten en commerciële uitrol. Daarin spelen zowel startups als bestaande (middel)grote bedrijven een rol. Een noemenswaardige project is RHINO, dat met steun uit de DEI+ regeling in 2020 de grootste batterij voor tijdelijke opslag (12 MW) in Nederland heeft gerealiseerd.

Vanuit de netbeheerders (zowel TSO en DSO) wordt het belang van flexibel energiesysteem steeds duidelijker erkend. In 2017 is onder dit thema gestart met de ontwikkeling van het GOPACS, het platform van de netbeheerders om congestie in het net te verminderen. In 2020 is Liander als eerste regionale netbeheerder ook gestart met congestiemanagement op basis van dit platform. Daarnaast lanceerde TenneT het platform Equigy waarmee de inzet van gedistribueerde decentrale flexibiliteit laagdrempeliger wordt gemaakt. Voor de lancering is dit platform getest in verschillende demonstratieprojecten, met marktpartijen als Vandebroen en Jedlix. TKI Urban Energy heeft bovendien actief meegewerkt aan de studie *Warmte & Flexibiliteit* van TenneT en de *Infrastructuurverkenning 2030-2050* van de gezamenlijke netbeheerders, waardoor de kennis en inzichten uit innovatieprojecten een plek kreeg in deze studies.



Deelprogramma's

Dit MMIP bestaat uit vier deelprogramma's die elk een bijdrage leveren aan het bereiken van de bovenstaande drie doelen.

1. Elektrificatie op gebouwniveau

De elektrificatie van de gebouwde omgeving zorgt voor uitdagingen aan de gebouwszijde en aan het elektriciteitssysteem buiten het gebouw. Dit deelprogramma zoekt slimme energiediensten en technische bouwblokken om de zelfconsumptie (gebruik van zelf opgewekte duurzame elektriciteit) te verhogen, zoveel mogelijk goedkope en duurzame elektriciteit te gebruiken en/of congestie en onbalans voorkomen.

Stakeholders binnen dit deelprogramma zijn installateurs, aanbieders en ontwikkelaars van slimme energiediensten, gebouwbeheerssystemen, elektrische boilers, warmtepompen, inductiekooktoestellen en laadpalen. De gebouwegenaren, -bewoners en -gebruikers spelen in dit deelprogramma een belangrijke rol. De diversiteit aan stakeholders vraagt om een brede interdisciplinaire aanpak.

2. Elektrificatie van wijken & bedrijfsterreinen

Dit deelprogramma beschouwt de elektrificatie van de gebouwde omgeving in breder perspectief. Enerzijds richt dit deelprogramma zich op marktsegmenten die ook bijdragen aan de elektrificatie van de gebouwde omgeving, zoals elektrisch laden. Anderzijds richt dit deelprogramma zich op meer collectieve en bottom-up oplossingen die de elektrificatie op gebiedsniveau kunnen faciliteren.

De stakeholders van dit deelprogramma zijn zeer divers en begeven zich in verschillende marktsegmenten. Het betreft lokale afnemers en opwekkers van energie: gebruikers en bewoners van gebouwen, ontwikkelaars en exploitanten van laadinfrastructuur en ontwikkelaars en exploitanten van stationaire batterijsystemen. Verder spelen dienstenleveranciers een rol, zoals aggregators voor de inzet van flexibiliteit en netbeheerders voor de behoefte aan deze flexibiliteit.

3. Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem van de gebouwde omgeving

Door de elektrificatie van het energiesysteem vindt er een transitie plaats naar een gedecentraliseerd en meer bottom-up georganiseerd systeem. Het inzetten van slimme energiediensten waarmee burgers en bedrijven zelf vorm geven aan de wijze waarop zij voorzien in de eigen energiebehoefte wordt echter beperkt met de huidige marktmechanismen en wet- en regelgeving. Dit programma richt zich op maatschappelijke innovatie en nieuwe marktmodellen die nodig is voor het energiesysteem van de toekomst.

Primaire stakeholders voor dit deelprogramma zijn de (regionale en nationale) netbeheerders, de wetgever en de brancheverenigingen, die behoefte hebben aan kennis & inzichten om de kaders van het toekomstige elektriciteitssysteem te kunnen bepalen. Zij zullen nauw moeten samenwerken met de stakeholders van deelprogramma 1 en 2, zoals gebruikers (consumenten, bedrijven,



projectontwikkelaars), aggregators en energiebedrijven, opdat de ontwikkelde oplossingen ook daadwerkelijk effectief toegepast en omarmd worden door de markt.

4. Elektrische infrastructuur in de gebouwde omgeving

Dit deelprogramma werkt aan de toekomstbestendigheid van de elektriciteitsinfrastructuur. De infrastructuur is nu niet altijd berust op de toekomstige elektriciteitsvraag. Er is behoefte aan oplossingen om de verzwaringsoperatie tijdig te kunnen realiseren, rekening houdend met het feit dat netbeheerders nu al tegen de grenzen van hun capaciteit aanlopen.

Doelgroep van dit deelprogramma zijn in eerste instantie de netbeheerders en hun toeleveranciers. Daarbij wordt de interactie gezocht met beheerders van andere infrastructuren, zoals warmte, telecom, gas, water en riool. Bij de aanleg en onderhoud van elektriciteitsinfrastructuur kan het kennisdomein 'servicelogistiek' een belangrijke rol spelen. Doordat de gemeente per wijk energietransitiepaden gaat aanwijzen, ontstaat een duidelijker handelings-perspectief per wijk en worden meer lokale stakeholders betrokken in het proces.

Elk deelprogramma schenkt aandacht aan zowel technologische als sociale en institutionele innovatie. In het volgende hoofdstuk worden de deelprogramma's behandeld. Per deelprogramma wordt een korte inleiding geboden en wordt de huidige stand van zaken beschreven, gevolgd door een beschrijving van de innovaties die nodig zijn om de missie en doelstellingen te bereiken. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen ontwikkelingen in verschillende ontwikkelfasen (onderzoek, ontwikkeling, demonstratie, implementatie).

De verschillende kennis- en innovatievraagstukken in elk deelprogramma zijn gekozen vanwege hun beoogde bijdrage aan het bereiken van de missie. Daarnaast wordt er ruimte geboden voor disruptieve ontwikkelingen en wordt er onderzoek gedaan naar het potentiële effect van nieuwe ontwikkelingen waarvan de impact nog onbekend is. Op de volgende pagina's is een beschrijving toegevoegd van het inhoudelijke kader en de uitgangspunten die achter deze keuze zitten.

Samenhang met andere MMIP's en kennisagenda's

De onderverdeling van de IKIA in dertien separate innovatieprogramma's vergroot de focus op verschillende thema's, maar betekent niet dat elk programma in volledige isolatie moet opereren. De energietransitie vraagt om integrale oplossingen en systeemintegratie. MMIP 5 vertoont samenhang met de andere MMIP's. Er zijn met name aanknopingspunten met de MMIP's die zich richten op thema's in de gebouwde omgeving en de opwekking van hernieuwbare elektriciteit op land:

- MMIP 2. Hernieuwbare elektriciteitsopwekking op land/in de gebouwde omgeving
- MMIP 3. Versnelling energierenovaties in de gebouwde omgeving
- MMIP 4. Duurzame warmte en koude in de gebouwde omgeving

Een beschrijving over de samenhang tussen MMIP 2 t/m 5 is toegevoegd als bijlage.



Verder zijn er noemenswaardige overige aanknopingspunten met andere MMIP's:

- MMIP 9-10. Innovatieve aandrijving en gebruik van duurzame energiedragers voor mobiliteit. Bij de ontwikkeling van elektrische laadinfrastructuur werken de programma's samen.
- MMIP 13. Een robuust en maatschappelijk gedragen energiesysteem. Een beschrijving over de samenhang tussen MMIP 5 en 13 is toegevoegd als bijlage.

Samenhang met andere kennisagenda's

Het Lectorenplatform Energievoorziening in Evenwicht (LEVE) heeft een eigen onderzoeksagenda opgesteld ten behoeve van onderzoek naar systeemintegratie. Deze agenda is een praktische uitwerking van de innovatieagenda van de Topsector Energie, waardoor de onderzoeksagenda expliciet voortbouwt op de ambities van de verschillende MMIP's. Met name programmalijn 2 van deze onderzoeksagenda sluit nauw aan op ambities van MMIP 5.

Dit MMIP vertoont verder raakvlakken met de *sleuteltechnologieën*, zoals deze zijn gedefinieerd binnen het Missiegedreven Topsectoren- en Innovatiebeleid. Er is met name raakvlak met 'sleuteltechnologie G: ICT' en 'Sleuteltechnologie J: Elektrochemische Conversie en Materialen'.

Daarnaast is er een duidelijke relatie tussen MMIP 5 en de Vraaggestuurde Programma's van TNO. Deze kennisagenda's worden in onderlinge samenhang ontwikkeld. Deze afstemming vindt plaats door deelname van TNO in het Programma Adviescollege en kwartaaloverleg tussen TKI Urban Energy en TNO.



Inhoudelijk kader en uitgangspunten

Hieronder volgt een beschrijving van de uitgangspunten die zijn gehanteerd bij het bepalen van de relevante kennis- en innovatievraagstukken van dit meerjarige missiegedreven innovatieprogramma.

Het huidige (lokale) elektriciteitssysteem is niet toegerust op de energietransitie
De energietransitie vereist belangrijke systeemveranderingen op lokaal niveau. In MMIP 5 ligt de nadruk op de elektriciteitsvoorziening in de gebouwde omgeving. De huidige elektriciteitsnetten zijn aangelegd voor transport vanuit grote, centrale productiecentrales via het transport- en distributienet naar bedrijven en huishoudens. Hernieuwbare elektriciteit wordt echter steeds meer gedistribueerd en op verschillende locaties geproduceerd. De omvang en richting waarin elektriciteit wordt getransporteerd wordt daardoor minder eenduidig.

De ambities in het Klimaatakkoord versnellen de energietransitie in de gebouwde omgeving. Door verschillende ontwikkelingen komt het (lokale) elektriciteitssysteem langzaam maar zeker onder druk te staan:

- *Warmte- en koudevraag (toename elektriciteitsverbruik en piekvraag)*
Tot 2030 worden 1,5 miljoen woningen verduurzaamd. Afhankelijk van de lokale situatie zijn verschillende alternatieven voor aardgas mogelijk. Circa 25% van de woningen wordt *all-electric*, 25% krijgt een hybride oplossing en 50% wordt aan een warmtenet gekoppeld. In de winter is het gasverbruik circa tien keer hoger dan het elektriciteitsverbruik. Het is daarom niet vanzelfsprekend dat de huidige elektriciteitsaansluiting de functie van een gasaansluiting één-op-één kan overnemen. Warmtepompen en airco's worden in toenemende mate ook ingezet om woningen te koelen, waardoor ook in de zomer een piekvraag ontstaat. Ook wordt afscheid genomen van koken op aardgas. Inductiekoken lijkt de nieuwe standaard te worden. Het piekvermogen van een inbouw inductiekookplaat kan oplopen tot 11 kW. In woningen kan dit leiden tot korte piekvraag in elektriciteit, maar in de horeca zal dit leiden tot langere piekvraag naar elektriciteit.
- *Mobiliteit (toename elektriciteitsverbruik en piekvraag)*
Door de elektrificatie van mobiliteit stijgt de vraag naar elektriciteit. In 2030 zijn er naar schatting 2 miljoen (plug-in hybride) elektrische personenvoertuigen en 1,8 miljoen laadpunten. Het elektriciteitsverbruik is dan ca. 7,1 TWh/jaar. Het opladen van een elektrische auto heeft impact op het elektriciteitssysteem in wijken en op bedrijfsterreinen. Laden bij de woning, kantoor of een publieke laadpunt vergt al snel 11 tot 22 kW aan vermogen, terwijl een huishouden doorgaans niet boven de 5 kW vermogen gebruikt. Snel laden vraagt zelfs vermogens van 50 tot 150 kW. Daarnaast zijn elektrische *heavy duty* voertuigen in opkomst, zoals elektrische trucks en bussen. Uiterlijk in 2030 moeten bovendien alle (ruim 5.000) bussen in het openbaar vervoer uitstootvrij zijn. Het laden op de remise, bij logistieke hubs en onderweg (*opportunity charging*) creëert een verdere (piek)vraag.
- *Duurzame en decentrale opwek (toename fluctuerend elektriciteitsaanbod)*
Zonnepanelen (zon-PV) leveren overdag elektriciteit, terwijl de piekvraag van gebouwen veelal in de ochtend en de avond ligt. Daardoor ontstaat piekaanbod van elektriciteit en komt de lokale elektriciteitsinfrastructuur onder druk te staan. Het Klimaatakkoord voorziet dat kleinverbruikers met zon-PV in 2030 zo'n 7 TWh

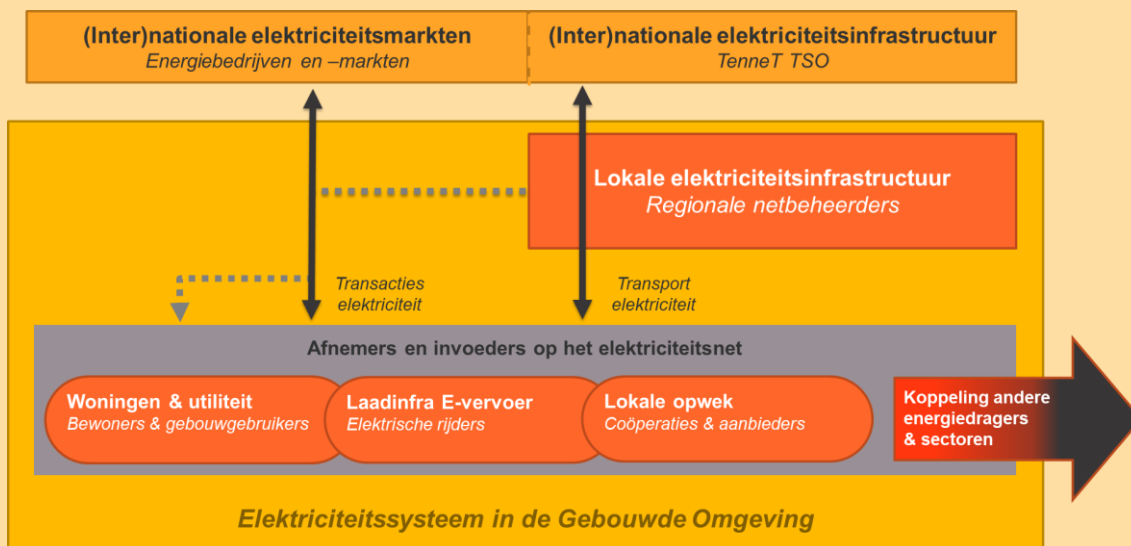


per jaar aan elektriciteit opwekken, maar de verwachting is dat dit doel ruimschoots gehaald zal worden. Daarnaast komen er meer grote zonneweides. Daarvoor is vrijwel altijd uitbreiding van het elektriciteitsnet nodig.

- **Balans van vraag en aanbod van elektriciteit**
 In 2030 is naar verwachting 75% van de elektriciteitsproductie afkomstig uit zon en wind. Deze bronnen zijn afhankelijk van weersomstandigheden en het gebruik van elektriciteit zal waarschijnlijk meer fluctueren met nieuwe toepassingen als warmtepompen en elektrische voertuigen. Op de 'day ahead'-markt voor elektriciteit ontstaan in 2030 naar verwachting dagelijks grote fluctuaties in vraag en aanbod van elektriciteit, met overschotten van 10 GW en tekorten van 6 tot 8 GW. Hierdoor is een mix van flexibiliteitsopties nodig, omdat de flexibiliteit niet meer door conventionele elektriciteitscentrales zal worden geleverd. Hierdoor wordt het afstemmen van vraag en aanbod en de opslag en conversie van elektriciteit belangrijker, zowel gedurende de dag als over de seizoenen.

Uit welke elementen bestaat het elektriciteitssysteem in de gebouwde omgeving?

In dit MMIP ligt de focus op het elektriciteitssysteem in de gebouwde omgeving. Dit is schematisch weergegeven in onderstaande figuur. Het elektriciteitssysteem in de Gebouwde Omgeving bestaat uit twee elementen: enerzijds de lokale elektriciteitsinfrastructuur en anderzijds afnemers/invoeders die zijn verbonden met dit systeem. Het systeem wordt in samenhang beschouwd met andere energiesystemen (sectorkoppeling), zoals warmte en duurzaam gas. Middels opslag en conversie wordt een koppeling gelegd met andere energie-infrastructuren en energiedragers. Het systeem staat in verbinding met (inter)nationale elektriciteitsmarkten en infrastructuur.



Waarom zijn systeeminnovaties nodig?

Met dit MMIP wordt gewerkt aan een betrouwbaar, efficiënt, integraal, betaalbaar, slim en maatschappelijk gedragen systeem van opwek, opslag, conversie, transport en gebruik van elektriciteit in de gebouwde omgeving. Systeeminnovaties zijn nodig om de toename in elektriciteitsvraag en piekvraag, en de toename in fluctuerend elektriciteitsaanbod in het elektriciteitssysteem te faciliteren. Zonder systeeminnovaties zal de energietransitie tegen grenzen oplopen:



- Fysieke grenzen aan de elektriciteitsnetten: Congestie is filevorming op het elektriciteitsnet. Als de elektriciteitsnetten ook alle pieken moeten faciliteren, zal het elektriciteitsnet extreem verzwaard moeten worden. De huidige problemen bij het aansluiten van wind- en zonneparken, omdat de lokale infrastructuur niet voldoende is uitgerust voor deze decentrale opwek, kunnen als een voorbode worden beschouwd voor toekomstige problemen die in de gebouwde omgeving en bij bedrijventuinen zullen optreden. De eerste casussen dienen zich nu al aan waar bedrijfstuinen in groei en verduurzaming geremd worden doordat de elektriciteitsinfrastructuur ontoereikend is voor de beoogde groei en verduurzaming van de tuinen. En ook in woonwijken ontstaan al problemen door de snelle groei van zonnepanelen.
- Grenzen van netuitbreiding: Congestie en capaciteitsproblemen vragen om verzwaring en uitbreiding van de elektriciteitsinfrastructuur. Op dit moment lopen netbeheerders al tegen de grenzen van hun personele capaciteit aan voor deze verzwaringsovername, waardoor het risico bestaat dat de netuitbreidingen niet tijdig genoeg gerealiseerd kunnen worden. De netinvesteringen en de kostenverdeling hiervan worden een issue, en bij duurzame projecten ontstaat het risico op vertraging of annulering. Het kan ook betekenen dat er op een andere plek (bijv. dieper) in het elektriciteitsnet aanpassingen moeten worden gedaan. Bovendien vraagt de uitbreiding van het elektriciteitsnet veel openbare ruimte, waardoor het met name in de gebouwde omgeving steeds moeilijker wordt om nieuwe kabels en stations te bouwen.
- Grenzen aan (de betaalbaarheid van) verduurzaming: de meeste duurzame elektriciteitsproductie is afkomstig uit zon en wind. Deze bronnen zijn afhankelijk van weersomstandigheden en kennen een meer grillig patroon van aanbod. Er zijn oplossingen nodig om op windstille en bewolkte dagen niet alsnog afhankelijk te zijn van fossiele energiebronnen. Wanneer er sprake is van een overvloed aan duurzame elektriciteit, ontstaat het financiële risico dat dit leidt tot een te lage prijs per MWh om de investering in de elektriciteitsopwekking terug te verdienen.
- Grenzen van leveringszekerheid: er zal niet meer aan de piekvraag kunnen worden voldaan, of tekorten in de beschikbaarheid van elektriciteit worden onvoldoende opgevangen.

Welke systeeminnovaties zijn nodig?

Er zijn systeeminnovaties nodig om de groeiende gedistribueerde opwekking van elektriciteit te faciliteren, om pieken en dalen af te vlakken, om vraag en aanbod beter met elkaar in evenwicht te brengen en om slimmer met elektriciteit om te gaan. Het energiesysteem van de toekomst is meer 'flexibel' en houdt meer rekening met de vraag en aanbod van elektriciteit, die zowel tijdsgebonden als plaatsgebonden is.

Verschillende systeeminnovaties tekenen zich af:

- bij en in gebouwen;
- bij elektrische laadinfrastructuur;
- bij de opwek, opslag en conversie van duurzame energie/elektriciteit;
- bij het samenbrengen van energievraag en -aanbod op gebiedsniveau;
- bij het creëren van een toekomstbestendige robuuste elektriciteitsinfrastructuur;
- bij het aanbieden van flexibiliteit aan het grotere elektriciteitssysteem.



Bij deze systeeminnovaties speelt 'flexibiliteit' onder meer een grote rol, i.e. het aanpassen van de vraag en aanbod van elektriciteit in tijd en plaats. Dat kan bijvoorbeeld door de elektriciteitsvraag meer uit te smeren over de dag, of door energieoverschotten op te slaan voor later gebruik. Deze flexibiliteit kan op verschillende manieren worden gerealiseerd in de gebouwde omgeving:

1. Demand-side management: het verhogen of verlagen van de energievraag van bestaande apparaten en machines,
2. Curtailment (het tijdelijk afschakelen of verminderen van de opbrengst van windmolens of zonnepanelen),
3. Opslag (het tijdelijk opslaan van elektriciteitsoverschotten in bijvoorbeeld batterijen of vliegwielen),
4. Conversie (het omzetten van bijvoorbeeld elektriciteit naar warmte).
5. Actief schakelen in de elektriciteitsinfrastructuur.

De eerste vier opties worden in dit MMIP doorgaans 'slimme energiediensten' genoemd. In sommige gevallen gaat het om een expliciete dienst die actief wordt geleverd door een dienstenleverancier, maar vaak gaat het ook om nieuwe functionaliteiten die *by design* een onderdeel zijn van apparaten en installaties.

Wanneer we aangeven dat dit innovatieprogramma gericht is op systeeminnovaties, dan wordt bedoeld dat het programma verder kijkt dan alleen de ontwikkeling van vernieuwende producten en diensten, van hardware en software. Het betreft veelal andere manieren van systeemontwerpen, organiseren (van transacties en platforms), financieren en communiceren. Met nieuwe rollen en andere economische processen. Het gaat om marktordening, regelsystemen, architecturen, standaarden en protocollen. Nieuwe diensten en producten kunnen daardoor een toepassingsgebied krijgen. Het uitgangspunt voor deze optimalisatie is het 'energie-trilemma': schoon & duurzaam, efficiënt & betaalbaar, passend & veilig.

Merk daarbij ook op dat het thema flexibiliteit integraal wordt bekeken. Het gaat in dit innovatieprogramma nadrukkelijk niet alleen over marktgebaseerde flexibiliteit, waarbij flexibiliteit een verhandelbaar goed is dat op energiemarkten wordt verhandeld, maar ook bijvoorbeeld over het kader van tariefstructuren en aansluitvoorwaarden.

Waarom veel aandacht voor geïntegreerde energieoplossingen?

(Lokale) systeemintegratie en flexibiliteitsopties zijn nodig voor een betrouwbare, efficiënte, betaalbare, slimme en maatschappelijk gedragen elektriciteitsvoorziening. Alle onderdelen die binnen het systeem energie opwekken of gebruiken raken dankzij verregaande digitalisering verbonden. Dit maakt niet alleen de actuele vraag en het actuele aanbod inzichtelijk, maar helpt ook deze steeds beter te voorspellen en daarop te anticiperen. Diverse apparaten en actoren worden op actieve(re) wijze geïntegreerd in het energiesysteem. Daarbij valt bijvoorbeeld te denken aan slimme aansturing van warmtepompen op basis van dynamische elektriciteitsprijzen, slim laden van elektrische auto's om congestie op het net te komen, *power-to-heat* (P2H) met warmtebuffers om voldoende duurzame warmte in de winter beschikbaar te hebben, en *demand-side management* bij (industriële) installaties in de gebouwde omgeving (zoals bijvoorbeeld het flexibel besturen van rioolwaterzuiveringsinstallaties). Daardoor ontstaat ook verbinding maken met andere sectoren, zoals de warmte- en transportsector.



Hoe speelt de virtuele infrastructuur hierbij een rol?

Om geïntegreerde oplossingen mogelijk te maken, dienen verschillende apparaten, energiemodellen en actoren, die mogelijk op verschillende schaalniveaus opereren, met elkaar te 'praten'. Denk aan een apparaat, gebouw, wijk, dorp, stad, gemeente, regio, land of groep van landen. Een virtuele infrastructuur verbindt de fysieke infrastructuur met intelligente producten en diensten. Om apparaten en rekenmodellen met elkaar te laten communiceren, zijn sensoren, een gedeelde 'taal' & protocollen van belang, evenals referentiearchitecturen, om data-uitwisseling en verbindingen tussen verschillende domeinen mogelijk te maken. Standaarden zijn tevens van belang om te komen tot heldere afspraken en contractvormen, waarbij geen sprake is van gedwongen koppelverkoop (*lock-in*), verborgen kosten of privacyrisico's. Er is maatschappelijk draagvlak nodig voor de nieuwe spelregels die het toekomstig energiesysteem vormgeven.

Welke sociale aspecten en dilemma's krijgen aandacht?

De energietransitie leidt tot een compleet nieuw soort elektriciteitssysteem waarbij op verschillende schaalniveaus, van grote windparken, tot individuele huizen en auto's, zowel energie wordt opgewekt en opgeslagen als gebruikt. Het nieuwe energiesysteem zal daarmee een meer bottom-up karakter krijgen. Het energienet, met alle huishoudens en industrie als deelnemende *prosumers*, wordt dus een compleet nieuw soort markt, draaiend op digitale platformen met een sleutelrol voor data.

Het slagen van deze systeemtransitie is een technische en sociale uitdaging. Vertrouwen op technologische ontwikkeling alleen is niet genoeg, aangezien technologische oplossingen alleen effectief zijn als ze door het publiek worden aangenomen en gebruikt. Bovendien zijn technologische oplossingen doorgaans efficiënter wanneer ze gepaard gaan met gedragsverandering, zoals het afstemmen van de energievraag op het energieaanbod uit hernieuwbare bronnen.

De verandering naar een gedistribueerd elektriciteitssysteem vraagt veel van consumenten, gebruikers van gebouwen en bedrijven, en dat kan leiden tot weerstand. Bovendien kunnen publieke waarden door digitalisering onder druk komen te staan. De meest voor de hand liggende kwesties zijn privacy en veiligheid. Maar ook autonomie, controle over technologie, menselijke waardigheid, rechtvaardigheid en machtsverhoudingen. Nieuwe energiesystemen scheppen nieuwe kwetsbaarheden, bevorderen nieuwe vormen van maatschappelijke uitsluiting en afhankelijkheden. De publieke acceptatie van slimme energiediensten kan bovendien afnemen als mensen nieuwe risico's en kosten leren kennen. De cruciale vraag is hoe we die markt willen organiseren. Laten we gebeuren dat de platformen en data in handen komen van een paar bedrijven? Met het risico op ongewenste machtsconcentraties (zoals we die ook zien bij digitale platformen in andere sectoren) en aantasting van mensenrechten (bedrijven die in je huiskamer meekijken of minder aantrekkelijke klanten slechtere condities bieden). Of zorgen we voor een eerlijke en democratisch bestuurbare organisatie van die nieuwe markt?

Het is van belang dat het nieuwe energiesysteem wordt vormgegeven vanuit relevante publieke waarden, zodat een werkelijk eerlijke, inclusieve en democratisch bestuurbare



energiemarkt ontstaat. Kennis van relevante psychologische en gedragsfactoren is daarbij noodzakelijk. Zie ook hoofdstuk 3 ('maatschappelijk verantwoord innoveren').

In het nieuwe energiesysteem ontstaat de kans voor burgers en bedrijven om een actieve(re) rol te spelen in het energiesysteem en zelf vorm te geven aan en in te grijpen op de wijze waarop zij duurzaam voorzien in de eigen energiebehoefte. Mensen kunnen zich daarbij op nieuwe manieren in collectieven organiseren. Naast de klassieke organisatievormen, zoals woningcorporaties en klanten van leveranciers, zien we ook lokale energiecoöperaties, beheerders van *microgrids* en andere vernieuwende initiatieven opkomen. Dit MMIP wil de maatschappelijke trend waarin mensen zelf actief worden verder ontwikkelen.

Waarom aandacht voor locatiespecifieke oplossingen?

Toenemende verstedelijking en nieuwbouw vragen om een passende elektriciteitsinfrastructuur met oog voor de lokale context. De keuze om wijken en bedrijfsterreinen te verduurzamen met bijvoorbeeld *all-electric* oplossingen of juist warmtenetten, heeft impact op de manier waarom het lokale energiesysteem vorm krijgt. Warmtepompen en warmtenetten, laadpalen en laadpleinen, zonnedaken en zonneweides, en (buurt)batterijen vragen om fysieke aanpassingen aan gebouwen en de openbare ruimte. Dit brengt gebiedsontwikkelingsvraagstukken met zich mee.

Er ontstaat een risico dat veel gebieden op hetzelfde moment vergelijkbare lokale tekorten zullen hebben (bijvoorbeeld *Dunkelflaute*) of juist overschotten op zonnige werkdagen. Er ontstaat dan een dusdanig grote piekvraag of -aanbod, en dat kan alleen tegen hoge kosten worden opgevangen. Een afstemming op lokaal niveau is dus nodig, maar ook tussen verschillende geografische gebieden. Als je in de gebouwde omgeving op wijk- of straatniveau investeert, kan dit hogere kosten op bijvoorbeeld provinciaal niveau voorkomen.

Iedere regio stelt een Regionale Energie Strategie (RES) op, gericht op opweklocaties voor duurzame warmte en elektriciteit en een infrastructuur die vraag en aanbod met elkaar verbindt. Het is dan mogelijk om een betaalbare en duurzame energievoorziening te realiseren, door systematisch de lokale situatie te optimaliseren en daarvoor keuzes te maken die ook op regionaal of nationaal niveau zinvol zijn.

Wat is de relatie met flexibiliteit van het gehele elektriciteitssysteem?

De gebouwde omgeving is onderdeel van het (inter)nationale elektriciteitssysteem en moet daarmee ook elektriciteit en flexibiliteit met haar omgeving kunnen uitwisselen. Lokale opwekking, vraagsturing en opslag kunnen, bij goede afstemming, zowel het lokale als het landelijke elektriciteitssysteem ontlasten en stabiel en betaalbaar houden. De afstemming daarvoor betreft zowel de korte termijn (seconden, minuten) als de middellange (uren, dagen) en lange termijn (seizoenen). Dit MMIP werkt aan de afstemming van vraag en aanbod van elektriciteit in de gebouwde omgeving. In samenhang met MMIP 13 wordt er daarom ook gewerkt aan de opbouw en uitbreiding van de noodzakelijke flexibiliteitscapaciteit die in 2030 nodig zal zijn van en voor de gebouwde omgeving om het elektriciteitssysteem stabiel en in balans te houden.



Het belang van flexibiliteit zal naar verwachting toenemen vanwege de groeiende duurzame productie en de afbouw van fossiel regelbaar vermogen. Om de energietransitie betaalbaar en betrouwbaar te houden, is het noodzakelijk dat de flexibiliteit de komende decennia een integraal onderdeel wordt van de inrichting van het elektriciteitssysteem zowel in technisch opzicht als qua regelgeving en waardepropositie.

Bijlage 3 biedt een toelichting op flexibiliteit. Het belang ervan is mede gebaseerd op de afspraken in de sector elektriciteit, zoals deze in december 2018 door de Elektriciteitstafel zijn gemaakt. Bovendien biedt het een schatting van de orde grootte van de vraag naar flexibiliteit in 2023 en de mogelijkheden om daarin te voorzien vanuit verschillende bronnen waaronder de gebouwde omgeving.

Waarom zijn institutionele aspecten, marktrollen en wet- en regelgeving relevant?

Als je nieuwe technieken wilt inpassen in het bestaande elektriciteitssysteem, dan is een randvoorwaarde dat er belangstelling of enthousiasme voor deze techniek is. Als je daarentegen vanuit een missie de maatschappij wilt helpen op weg naar een duurzame energievoorziening, dan gaat dat veel verder: het gaat om voorzien in behoeften, om de vraag waarin het systeem moet voorzien, om de nieuwe producten en diensten die daarvoor nodig zijn met daarachter een techniek. De kaders van wet- en regelgeving spelen een belangrijke rol. Deze bepalen de richting en snelheid waarmee oplossingen worden ontwikkeld.

Het is belangrijk om verder te kijken dan de huidige wet- en regelgeving en om te begrijpen onder welke politieke, sociale, ethische en juridische randvoorwaarden specifieke energiesystemen wel of niet kunnen functioneren. Door kaders aan te passen of juist gelijk te houden, kan de behoefte aan bepaalde oplossingen veranderen en wordt het speelveld voor bedrijfsleven en netbeheerders bepaald. Derhalve is er in dit MMIP brede aandacht voor de soms (ogenschijnlijk) tegengestelde belangen en rollen van stakeholders, waarbij de focus zich niet beperkt tot de huidige situatie en wet- en regelgeving. Er wordt in dit programma gezocht naar consortia die bij hun voorgenomen plannen expliciet aandacht hebben voor ontwikkelingen in de markt en de (mogelijke) veranderingen van wettelijke kaders.



2 Beschrijving deelprogramma's

Deelprogramma 1 – Elektrificatie op gebouwniveau

Inleiding

Door de energietransitie vindt een elektrificatie plaats bij huizen, appartementen, kantoren en andere gebouwen. Deze elektrificatie zorgt voor uitdagingen aan de gebouwszijde en aan het elektriciteitssysteem buiten het gebouw.

Dit deelprogramma zoekt schaalbare slimme energiediensten voor het in balans brengen van elektriciteitsvraag & -aanbod bij gebouwen op basis van een sociaal-maatschappelijke ontwerpprincipes.

Dit deelprogramma zoekt slimme energiediensten en technische bouwblokken om de zelfconsumptie (gebruik van zelf opgewekte duurzame elektriciteit) te verhogen, zoveel mogelijk goedkope en duurzame elektriciteit te gebruiken en/of congestie en onbalans voorkomen. Dat kan bijvoorbeeld met de inzet van gebouwbeheersystemen, slimme warmtepompen of thuisbatterijen. Merk op dat het niet de visie van dit deelprogramma is om elk apparaat en elke woning aan te sturen op basis van marktmechanismen. Vanuit deelprogramma 3 wordt gewerkt aan een breder kader van technische oplossingen, tariefstructuren en aansluitvoorwaarden, gereguleerde oplossingen en marktgebaseerde oplossingen, waarbinnen slimme energiediensten en technische bouwblokken ingezet zullen worden.

We maken de transitie naar een gedecentraliseerd en gedigitaliseerd energiesysteem. Er zijn aantrekkelijke oplossingen nodig voor alle gebouwen en gebruikers, niet voor alleen de kleine groep enthousiaste idealisten. Dat betekent dat er bovendien aandacht nodig is wat verschillende mensen motiveert om mee te doen aan de energietransitie. Verschillende motieven kunnen hier een rol spelen, zoals financiën, plezier en comfort, gevolgen voor de toekomstige generaties, en de effecten van energietransitie op de natuur en milieu. Het is belangrijk om goed te begrijpen welke motieven en wanneer voor mensen het meest belangrijk zijn en rekening houden met deze (verschillende) motieven bij het ontwikkelen van energiesystemen, - technologie, en - beleid.

Huidige stand van zaken

In de afgelopen jaren heeft al veel onderzoek en ontwikkeling plaatsgevonden op dit deelprogramma. De uitrol van grote zonnepanelen en laadinfrastructuur bij gebouwen vormt een eerste stimulans om bij bepaalde gebouwen reeds slimme energiediensten toe te gaan passen. Toch bevindt de ontwikkeling van slimme energiediensten voor gebouwen bevindt zich nog in een vroeg ontwikkelstadium. De meeste technische vraagstukken zijn dan wel opgelost, maar er zitten nog grote uitdagingen in het creëren van interoperabiliteit en schaalbare oplossingen met een gezonde businesscase, die op eerlijke, inclusieve en democratische bestuurbare manier zijn georganiseerd. De rapportage *Flexibiliteit in de Gebouwde Omgeving: Een handreiking voor ondernemers* (2021, TKI Urban Energy) beschrijft de kritische succesfactoren voor slimme



energiediensten. Belangrijke aandachtspunten zijn: oog voor de wensen van de eindgebruikers, interoperabiliteit tussen apparaten en IT-systemen, en ketensamenwerking tussen bedrijven.

Innovatieopgave

Om de doelstellingen van dit MMIP te halen, is verdere missiegedreven innovatie nodig op de volgende thema's:

| Thema | Kennis- en innovatievraagstukken | Onderzoek | Ontwikkeling | Demonstratie | Implementatie |
|--|---|-----------|--------------|--------------|---------------|
| 1.1 - Slimme energiediensten en flexibilisering van gebouwen | Slimme energiediensten voor elektrificatie van woningen en bedrijfsgebouwen | | X | X | X |
| | Sociaal-maatschappelijke ontwerpprincipes voor slimme energiediensten | X | X | X | |
| 1.2 - Technische bouwblokken voor energieflexibiliteit in gebouwen | Standaarden en protocollen voor aansturing van apparaten | | X | X | X |
| | Nieuwe generatie gebouwbeheersystemen | | X | X | |
| | Vermogenselektronica en smart-grid ready apparatuur | X | X | X | |
| | Elektrische opslagsystemen | | X | X | |

Belangrijke aandachtspunten bij het ontwikkelen van de innovaties van dit deelprogramma zijn: maatschappelijk verantwoord innoveren, human capital, digitalisering en veiligheid (zie hst. 3). Dit deelprogramma werkt aan de volgende KPI's:

| Emissiereductie | Energetische Inpassing | Economische haalbaarheid | Maatschappelijke haalbaarheid | Schaalbaarheid |
|---|---|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Verhoging van zelfconsumptie (%) • Verhoging gebruik duurzame energie • Energiebesparing • CO₂-reductie | <ul style="list-style-type: none"> • Verlaging van piekbelasting (%) • Verbeterde aansluitmogelijkheden • Hoeveelheid op- en afregelbare flexibiliteit tbv netcongestie (kW & kWh) • Hoeveelheid op- en afregelbare flexibiliteit tbv onbalans (kW & kWh) | <ul style="list-style-type: none"> • CAPEX, OPEX • Verbeterde businesscase • TVT • TCO • Besparing op energiekosten • Besparing op andere kosten • Vergroten handelsmogelijkheid energiemarkten • Besparing op maatschappelijke kosten | <ul style="list-style-type: none"> • Aantrekkelijkheid • Behoud van comfort • Gebruiksgemak • Draagvlak • Aandacht voor verschillende publieke waarden • Aandacht voor randvoorwaarden (cybersecurity, privacy etc.) • Participatiemomenten stakeholders | <ul style="list-style-type: none"> • Toepassingspotentieel • Installatietijd • Eenvoud van installatie • Aanstuurbaarheid via open protocollen (interoperabiliteit) • De mate waarin software Open Source is |



Thema 1.1. Slimme energie-diensten en flexibilisering van gebouwen

Slimme energiediensten voor elektrificatie van woningen en bedrijfsgebouwen

Schaalbare slimme energiediensten zijn nodig om de elektrificatie van gebouwen betaalbaar, betrouwbaar en veilig te maken en te houden. De grootste uitdaging zit in het ontwikkelen en demonstreren van schaalbare oplossingen, waarbij alle relevante ketenpartners betrokken zijn. Operationele pilots bij gebouwen zijn nodig om aan te tonen dat het met slimme oplossingen haalbaar, acceptabel en kosteneffectief kan zijn om zelfconsumptie te verhogen, piekbelasting te verlagen, op nuttige wijze curtailment in te zetten, in te spelen op dynamische energieprijzen en/of flexibiliteit effectief te verhandelen.

Wanneer we spreken over slimme energiediensten gaat het niet alleen om software, maar ook om (het samenspel met) hardware. Slimme energiediensten kunnen geïntegreerd zijn in hardware, zoals warmtepompen, omvormers, thuisladers en thuisbatterijen. Building Energy Management Systems (BEMS) kunnen hierin een centrale rol spelen. Gebruik van monitoringsdata speelt een grote rol omdat het aansturing mogelijk maakt. Deze monitoringsdata kan komen uit allerlei sensoren, maar ook uit de slimme meter. Aandacht voor gestandaardiseerde toegang tot data is nodig omdat het kan bijdragen aan een gelijk speelveld voor aanbieders van energiediensten, waarbij privacy, cyber security en daarmee het vertrouwen van mensen gewaarborgd wordt.

Een breed pallet aan slimme energie-diensten is nodig voor verschillende gebouwtypen (rijtjeswoning, vrijstaand, appartement, kantoren, bedrijfshal) en type gebruikers (huurders, eigenaren) en soorten gebruikers (koplopers, volgers). Een speciale uitdaging vormen die gebouwen met een bovengemiddeld hoge vraag en/of aanbod van elektriciteit, zoals bedrijfshallen of boerderijen gebouwen met grote zonnedaken, tuinbouwkassen met eigen WKK's, kantoren met grootschalige laadinfrastructuur en horeca die grootschalig gaat inductiekoken. Voor deze doelgroepen is de (door)ontwikkeling van slimme energiediensten nodig. Naast demand-side management wordt bij deze doelgroep een serieuze rol toegedicht aan opslag en conversie.

Een kritische succesfactor bij slimme energiediensten is inleving in de wensen, voorkeuren en belangen van gebruikers. Vroegtijdig onderzoek naar gebruikersgedrag, -ervaringen, -wensen en -voorwaarden zijn essentieel. Energiediensten dienen oog te hebben voor zaken als aantrekkelijkheid, comfort, veiligheid, het effect op de woonomgeving en hoe men omgaat met energie, installatie- en gebruiksgemak, privacy en keuzevrijheid. Bovendien dienen de ontwerpprincipes vanaf het begin oog te hebben voor eerlijkheid, inclusiviteit en democratische bestuurbaarheid (zie hst. 3 – MVI). Hier liggen duidelijke kansen voor om eindgebruikers via co-creatie te laten meewerken aan de ontwikkeling van slimme energiediensten.

Sociaal-maatschappelijke ontwerpprincipes voor slimme energiediensten

Additioneel sociaal-maatschappelijk onderzoek is nodig naar de principes waarop slimme energiediensten het beste ontworpen kunnen worden. Aandacht voor volgende thema's is gewenst:



- Publieke perceptie van slimme energiediensten, en in hoeverre zijn gedragsinterventies nodig zijn om de effectiviteit van slimme energiediensten te vergroten. Slimme energiediensten bieden bij uitstek de mogelijkheid om consumenten te informeren, en te betrekken door hen informatie te verstrekken over hun energiegedrag. Onderzoek is nodig naar de percepties van mensen en de zorgen die ze hebben, en welke factoren hen motiveren om hun energiegebruik af te stemmen op de beschikbare (hernieuwbare) energievoorziening.
- Uiteenlopende belangen in 'multi-actor omgevingen' (*split incentive*), zoals bij de eigenaar/verhuurder en huurder van kantoren, en het effect daarvan op de toepassing en effectiviteit van slimme energiediensten.
- Eigendom van en toegang tot data. Hoe kunnen data op geaccepteerde wijze als 'voedingsbron' voor slimme energiediensten beschikbaar komen (*data as a resource, not as an asset*), met waarborging van privacy?
- Behoud van autonomie en de rol van automatisering. In hoeverre willen mensen betrokken worden bij slimme energiediensten? Welke autonomie geven we aan geautomatiseerde IT-systemen? Hoe kunnen we tegemoet komen aan de behoefte van mensen om controle te hebben over de relevante systemen? En onder welke voorwaarden wordt geautomatiseerde en externe aansturing geaccepteerd?

De effectieve inzet van slimme energiediensten vraagt ook om nieuwe marktmechanismen en wet- en regelgeving die ruimte biedt voor deze oplossingen. De onderzoeksvragen op dit vlak worden geadresseerd in deelprogramma 3.

Thema 1.2. Technische bouwblokken voor energieflexibiliteit in gebouwen

Standaarden en protocollen voor aansturing van apparaten

De monitoring en flexibele aansturing van verschillende apparaten en processen wordt bemoeilijkt door verschillen in connectiviteit tussen diverse apparaten. Interoperabiliteit is van belang om verschillende merken, typen en soorten apparaten eenvoudig, *plug & play*, uit te lezen en aan te sturen. Dit is een essentiële voorwaarde, vergroot de schaalbaarheid van slimme energiediensten en voorkomt lock-in situaties. De studie *In-Home Energy Flexibility Protocols* (2020, TKI Urban Energy) beschrijft hoe deze interoperabiliteit kan worden vormgegeven. De studie *Smart Grid Ready Energy Storage* (2020, TKI Urban Energy) biedt een verdere verdieping voor opslagsystemen.

Er wordt momenteel toegewerkt naar één Europese standaard protocol waarmee verschillende apparaten flexibel aangestuurd kunnen worden. Er is behoefte aan een brede implementatie van dit protocol. Daarvoor dienen de leveranciers van flexibele assets en slimme energiediensten interfaces te ontwikkelen die met deze Europese standaard kunnen communiceren. Dit is nodig voor warmtepompen, elektrische boilers, opslagsystemen, laadpunten voor elektrisch vervoer en zon-PV *inverters*.

Nieuwe generatie gebouwbeheerssystemen

Een manier waarop slimme energiediensten gestalte krijgen, is via de lijn van gebouwbeheerssystemen. De meeste 'reguliere' gebouwbeheerssystemen (GBS) op de markt zijn gericht op energiebesparing, monitoring en verbetering van binnenklimaat/comfort, niet op flexibiliteit. Andersom zijn de gebouwbeheerssystemen



voor flexibiliteit (vaak BEMS of Building-Energy-Management-System genoemd) niet zo uitgebreid als de reguliere regelsystemen. Er is behoefte aan de doorontwikkeling van deze systemen, zodat de een GBS en BEMS via handige interfaces kunnen samenwerken of worden geïntegreerd in één systeem. Gebruik van open (de facto) standaarden en protocollen is daarbij een randvoorwaarde. Het kennisdossier *Innovaties op het gebied van Gebouwbeheersystemen* (2021, TKI Urban Energy) gaat verder in op deze innovatieopgave.

Vermogenselektronica en smart-grid ready apparatuur

Buiten het ontwikkelen van software en diensten is ook er ook aandacht nodig voor de elektrotechniek die slimme energiediensten mogelijk moet maken. Zon-PV, elektrisch vervoer, ledverlichting en batterijen maken allemaal gebruik van vermogenselektronica. Steeds vaker worden apparaten bovendien gezamenlijk via één omvormer met elkaar verbonden. Denk aan omvormers die zonnepanelen rechtstreeks verbinden met een laadpaal of thuisbatterij.

Steeds meer losse toepassingen in woningen en bedrijfsgebouwen maken bovendien gebruik van gelijkspanning in plaats van wisselspanning. Door de elektriciteitsvoorziening in een gebouw te organiseren op basis van gelijkspanning, kunnen energieverliezen worden voorkomen en materialen uitgespaard worden, doordat er minder AC/DC-omvormers nodig zijn. Ook wordt het mogelijk apparaten selectief minder vermogen te geven of uit te schakelen als er overbelasting wordt gedetecteerd, zonder dat hiervoor additionele slimme apparatuur voor nodig is. De whitepaper *Gelijkspanning in Woningen en Utiliteit* (2020, TKI Urban Energy) biedt een nadere beschrijving van dit innovatiethema. Een volledige overstap naar gelijkspanning in gebouwen lijkt niet realistisch, zeker niet op korte termijn. Maar er worden wel kansen gezien voor hybride oplossingen, waarbij gebouwen van zowel een in pandig DC- als AC-net worden voorzien.

Er is behoefte aan de (door)ontwikkeling van vermogenselektronica en veiligheidscomponenten waarmee apparaten (gezamenlijk) slim aangestuurd kunnen worden. Deze geïntegreerde kunnen helpen faseonbalans en onnodige negatieve beïnvloeding van de *Power Quality* in de woning en wijk te voorkomen. Een belangrijk aandachtspunt is het voorkomen van lekstromen. Deze kunnen potentieel schade aan gebouwen veroorzaken. Verder is er behoefte aan enkele pilots waarin binnen woningen en bedrijfsgebouwen in pandige DC-netten worden gerealiseerd om DC-apparatuur te testen in een alledaagse omgeving en het precieze voordeel van DC t.o.v. AC op transparante wijze te kwantificeren.

Elektrische opslagsystemen

Toepassing van elektrische opslagsystemen in een gebouw (thuisbatterij) maakt het mogelijk om een gebouw enkele uren tot zelfs dagen van elektriciteit te voorzien. Zo wordt het mogelijk om minder afhankelijk van het elektriciteitsnet te worden, piekverbruik te verlagen en zelfconsumptie te verhogen. Op technisch vlak is er behoefte aan de doorontwikkeling van deze opslagsystemen, zodat interoperabiliteit, de eenvoud van installatie, de eenvoud van ingebruikname en de veiligheid van het systeem is geborgd. De ontwikkeling van nieuwe opslagmaterialen en -technologieën is geen onderdeel van dit MMIP.



Aandachtspunten voor beleid

Uit eerdere projecten blijkt dat er technisch veel mogelijkheden zijn voor het organiseren van deze flexibiliteit en slimme diensten, maar dat bedrijven vaak aanlopen tegen knelpunten in wetten en regelgeving en in de ordening van de (energie)markt aan te lopen. Het *Rapport Knelpunten Smart Energy* (TKI Urban Energy, 2021) geeft een overzicht van deze knelpunten. De onderzoeksvragen op dit vlak worden geadresseerd in deelprogramma 3.

Verdere aandachtspunten zijn:

- Gebruik van standaard protocollen voor het plug & play aansturen van verschillende merken, typen en soorten apparaten is van belang voor schaalbare slimme energiediensten en het voorkomen van ongewenste lock-in situaties. Toepassing van deze protocollen zou gestimuleerd of afgedwongen moeten worden, bijvoorbeeld als onderdeel van stimuleringsubsidies voor aanschaf warmtepompen.
- Door het toepassen van thuisbatterijen, slimme laadpalen en slimme warmtepompen kan de energievraag binnen een gebouw worden verschoven. Daardoor kan er juist elektriciteit worden gebruiken als er veel duurzame elektriciteit beschikbaar is in het elektriciteitssysteem. Zo wordt CO₂-uitstoot voorkomen, doordat er juist minder elektriciteit wordt gebruikt als er veel fossiele opwek plaatsvindt. Deze systeemvoordelen zouden een positief moeten meewegen in bouwnormen.
- Dit innovatieprogramma verkent oplossingen om lekstromen en verstoring van *Power Quality* te reduceren of te voorkomen. Dit vraagt ook om aangescherpte normen in het ontwerp en installatie van bijvoorbeeld omvormers.



Deelprogramma 2 – Elektrificatie van wijken & bedrijfsterrinen

Inleiding

Om de elektrificatie van de gebouwde omgeving mogelijk te maken, dient verder gekeken te worden dan oplossingen ‘achter de meter’ bij individuele gebouwen (deelprogramma 1). Dit deelprogramma beschouwt de elektrificatie van de gebouwde omgeving in breder perspectief.

Door de elektrificatie van woningen en bedrijfsgebouwen en de groei van laadpunten verandert het energiesysteem. Oplossingen op gebiedsniveau zijn nodig om de elektrificatie van het energiesysteem te faciliteren.

Eenzijds richt dit deelprogramma zich op marktsegmenten die ook bijdragen aan de elektrificatie van de gebouwde omgeving. Door de opkomst van elektrisch vervoer stijgt de vraag naar elektriciteit op bepaalde piekmomenten. Als we het grote aantal elektrische auto's in de toekomst probleemloos en duurzaam willen opladen, is het nodig om oog te hebben voor de inpassing van elektrisch laden in het elektriciteitssysteem.

Anderzijds richt dit deelprogramma zich op meer collectieve en bottom-up oplossingen die de elektrificatie op gebiedsniveau kunnen faciliteren. Een terugkerend thema is de ontsluiting en inzet van lokale flexibiliteit vanuit de gebouwde omgeving voor verschillende doelen. Hier liggen tevens mogelijkheden om eindgebruikers in staat te stellen om zelf vorm te geven aan en in te grijpen op de wijze waarop zij duurzaam voorzien in de eigen energiebehoefte.

Om de elektrificatie op gebiedsniveau vorm te geven, moet breder gekeken worden dan het elektriciteitssysteem alleen. Het energiesysteem van de toekomst vraagt om verdere uitwisseling tussen verschillende energiedragers (zoals warmte en duurzame gassen) en sectoren (mobiliteit, industrie) biedt kansen.

Huidige stand van zaken

In de afgelopen jaren heeft al veel onderzoek en ontwikkeling plaatsgevonden op dit deelprogramma. Op het gebied van slim laden van elektrisch vervoer is Nederland mede daardoor één van de koplopers. Slim laden is in veel gevallen technisch al mogelijk en er zijn veel kennis en inzichten opgedaan over sociaal-organisatorische en institutionele aspecten van slim laden. Het programma proeftuin *Slimme Laadpleinen* (gecoördineerd door NKL) realiseerde in 2020 46 laadpleinen in 19 gemeenten. Dankzij de inzichten uit deze projecten kunnen laadpleinen grootschalig uitrollen.

Er zijn al meerdere jaren concrete situaties waar zonnedaken niet kunnen aansluiten in verband met congestie, maar sinds kort komen er ook signalen bij dat er congestie optreedt op bedrijventerreinen door de stijgende elektriciteitsvraag ter plekke. Daardoor ontstaat een groeiende behoefte aan oplossingen die in het kader van dit innovatieprogramma worden ontwikkeld, zoals de opslag van energie. Batterijsystemen die afgelopen jaar zijn beproefd in onderzoek- en ontwikkelprojecten, vinden nu een weg naar de markt via demonstratieprojecten en commerciële uitrol.



In 2020 hebben er weinig projecten plaatsgevonden die kijken naar collectieve oplossingen die op gebiedsniveau genomen kunnen worden. Enerzijds is dit te verklaren doordat de regeling *Experimenten Elektriciteitswet* sinds 2018 is gesloten, en daardoor de optie vervalt om te experimenteren buiten de wettelijke kaders van wetgeving. Anderzijds kan dit verklaard worden doordat er in de sector nog geen helder uitgekristalliseerd beeld staat over de zin & onzin, nut & wenselijkheid en haalbaarheid & impact van dergelijke collectieve oplossingen.

Innovatieopgave

Dit deelprogramma richt zich op de volgende onderwerpen:

| Thema | Kennis- en innovatievraagstukken | Onderzoek | Ontwikkeling | Demonstratie | Implementatie |
|---|---|-----------|--------------|--------------|---------------|
| 2.1 - Inpassing laadinfrastructuur in het energiesysteem | <i>Smart charging</i> bij reguliere laadpunten | | X | X | X |
| | Geclusterde laadinfrastructuur | | | X | X |
| | <i>Heavy-duty</i> laadinfrastructuur | X | X | X | |
| 2.2 - Bottom-up oplossingen voor elektrificatie op gebiedsniveau | Collectieve slimme energiediensten voor wijken en bedrijfsterrainen | | X | X | |
| | Sociaal-maatschappelijke ontwerpprincipes voor collectieve slimme energiediensten | X | X | X | |
| | Lokale systeemintegratie | X | X | X | |
| | Tools en methodes voor ontwerp van het lokale energiesysteem | | X | X | X |
| 2.3 - Technische bouwblokken voor energieflexibiliteit (op gebiedsniveau) | (Door)ontwikkelen opslag- en conversietechnieken | X | X | X | |
| | Slimme aansturing van flexibele assets (multi-asset, multi-purpose) | | X | X | |

Belangrijke aandachtspunten bij het ontwikkelen van de innovaties van dit deelprogramma zijn: maatschappelijk verantwoord innoveren, digitalisering en veiligheid (zie hoofdstuk 3).

Dit deelprogramma werkt daarbij aan de volgende KPI's:



| Emissiereductie | Energetische Inpassing | Economische Haalbaarheid | Maatschappelijke Haalbaarheid | Schaalbaarheid |
|--|--|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Verhoging (collectieve) zelfconsumptie • Verhoging gebruik duurzame energie | <ul style="list-style-type: none"> • Efficiëntie van opslag- en conversieproces (%) • Verlaging van piekbelasting (%) • Verbeterde aansluitmogelijkheden laadinfrastructuur • Hoeveelheid op- en afregelbare flexibiliteit tbv netcongestie (kW & kWh) • Hoeveelheid op- en afregelbare flexibiliteit tbv onbalans (kW & kWh) • Verbeterde aansluitmogelijkheden hernieuwbare opwek • % gevallen dat netverzwaring voorkomen kan worden | <ul style="list-style-type: none"> • CAPEX, OPEX • Businesscase • TVT • Besparing op energiekosten • Besparing op andere kosten • Vergroten handelsmogelijkheid energiemarkten • Besparing op maatschappelijke kosten | <ul style="list-style-type: none"> • Aantrekkelijkheid • Gebruiksgemak • Behoud van comfort • Draagvlak • Aandacht voor verschillende publieke waarden • Aandacht voor randvoorwaarden (cybersecurity, privacy etc.) • Participatiemomenten stakeholders • Ruimtebeslag | <ul style="list-style-type: none"> • Toepassingspotentieel • Installatietijd • Aanstuurbaarheid via open protocollen (interoperabiliteit) • Mate van Open Source van software • Eenvoud van installatie |

Thema 2.1. Inpassing laadinfrastructuur in het energiesysteem

Smart charging bij reguliere laadpunten

Door het energieverbruik van de laadinfrastructuur slim aan te sturen (*smart charging*), wordt het mogelijk om auto's te laden wanneer groene stroom beschikbaar is, wanneer elektriciteit goedkoop is, en kan congestie en onbalans worden voorkomen. Inmiddels zijn er diverse projecten opgestart en gerealiseerd die de werking van slim laden hebben aangetoond, met name gericht op het vertraagd of uitgesteld laden. De meeste slim-ladendiensten zijn gericht op één laadstrategie en verdienmodel. Er is behoefte aan de doorontwikkeling en demonstratie van slim-ladendiensten die aantonen dat het mogelijk is om meerdere doelen en laadstrategieën parallel uit te voeren.

Naast deze vorm van vertraagd of uitgesteld slim laden, is er behoefte aan toegepast onderzoek en (door)ontwikkeling van slim-ladenoplossingen op het vlak van bidirectioneel laden (*vehicle-to-building of vehicle-to-grid*), waarbij zowel software (energie-management-systeem) als hardware (laadpunt) relevant zijn. Er bestaan nog verschillende beelden over nut en noodzaak van bi-directioneel laden. Onderzoek is nodig naar de impact die bi-directioneel laden kan hebben ten opzichte van regulier (unidirectioneel) laden.

Toepassing van slim laden vraagt om acceptatie en eventueel gedragsverandering van gebruikers. Specifiek op het gebied van bi-directioneel laden zijn nog weinig ervaringen opgedaan over de wensen en ervaringen van elektrische rijders. Toegepast onderzoek is essentieel naar de factoren die laadgedrag beïnvloeden en hoe men kan worden gemotiveerd om hun voertuig slim te laden.



Momenteel mogen de netbeheerders geen (financiële) prikkels geven om deze piekvraag te verminderen. Ook bestaat het risico dat slim laden op basis van elektriciteitsprijzen juist leidt tot lokale congestie. Er is behoefte aan nieuwe oplossingsrichtingen, verdienmodellen en afsprakenstelsels op dit vlak. De onderzoeksvragen op dit vlak worden geadresseerd in deelprogramma 3.

Geclusterde laadinfrastructuur

Een laadplein is een effectieve oplossing om meerdere voertuigen op een locatie (snel) te laden. Zowel op fysieke pleinen als ook in parkeergarages. Een laadplein bestaat uit een clustering van meer dan twee laadpunten die niet afzonderlijk op het net zijn aangesloten maar samen één aansluiting hebben. Een stationair opslagsysteem is onderdeel van sommige laadpleinen. Het beschikbare vermogen wordt op een slimme manier verdeeld over de laadpunten. Verdere demonstratie en implementatie van laadpleinen is nodig.

Heavy-duty laadinfrastructuur

Naast elektrische auto's krijgt de gebouwde omgeving te maken met de opkomst van snelladers en de laadpunten elektrische bussen en trucks, die beide hogere vermogens vragen. De bussen in het openbaar vervoer worden op hoog tempo geëlektrificeerd. De markt van elektrische trucks staat nog in de kinderschoenen, maar er zijn diverse modellen van verschillende fabrikanten aangekondigd. Deze voertuigen hebben een grotere elektriciteitsbehoefte, waardoor de inpassing in het elektriciteitssysteem een nog belangrijker vraagstuk kan worden. Om over een aantal jaar te kunnen opschalen, vereist dit onderwerp nu al aandacht.

Er is met name behoefte aan de doorontwikkeling en demonstratie van *heavy-duty* laadinfrastructuur. Daarbij is aandacht nodig voor de inpassing in het elektriciteitssysteem. Combinaties van laadinfrastructuur met stationaire opslag kunnen helpen om piekvraag te voorkomen, terwijl er toch tegen hoog vermogen geladen kan worden. Een belangrijk aandachtspunt is dat de laadinfrastructuur de *Power Quality* in de wijk of op een bedrijfsterrein niet onnodig negatief beïnvloedt, en dat lekstromen worden voorkomen.

Waar de governance en interoperabiliteit bij laadinfrastructuur voor auto's al is geregeld, is dit bij *heavy-duty* laadinfrastructuur een nieuw thema. Belangrijk aandachtspunt voor ontwikkeling is gebruik van (voorlopige) standaarden, dataverzameling, energie- en logistiek management (o.a. slim laden, afrekenmodellen, energie-uitwisseling). Zo worden lock-in situaties voorkomen en ontstaan betere mogelijkheden voor de gezamenlijke aanleg van laadinfrastructuur.

OV en logistiek is een andere wereld dan personenvervoer. Het krijgt te maken met strakkere planningen, voertuigen zijn een groter deel van de tijd op de weg en de financiële risico's zijn groter als een voertuig stil komt te staan. Dit stelt scherpe kaders en voorwaarden aan de laadinfrastructuur. Daarom is het nodig om verder onderzoek te doen naar de behoeften en gebruikersgedrag van logistieke dienstverleners, de mogelijkheden en implicaties van het inrichten van gezamenlijke (publiek-private) laadinfrastructuur, en in de brede zin de wijze waarop verschillende belangen van de logistiek en energiesector samengebracht kunnen worden.



Thema 2.2. Bottom-up oplossingen voor elektrificatie op gebiedsniveau

Collectieve slimme energiediensten voor wijken en bedrijfsterreinen

Slimme energiediensten zijn nodig om de elektrificatie van de gebouwde omgeving haalbaar, betaalbaar en betrouwbaar te houden. Voortbouwend op de ontwikkeling van slimme energiediensten die 'achter de meter' opereren (deelprogramma 1) is in de afgelopen jaren veel onderzoek gedaan naar slimme energiediensten die zich richten op een meer collectieve aanpak. Er zijn al verschillende pilotprojecten uitgevoerd die kijken naar de inzet van batterijen op wijkniveau ('buurtbatterijen'). Er is thans behoefte aan projecten die demonstreren dat het mogelijk en haalbaar is om binnen een wijk of bedrijfsterrein op een schaalbare en herhaalbare wijze flexibiliteit in te zetten voor verschillende doelen door verschillende apparaten gezamenlijk aan te sturen, op nuttige wijze curtailment in te zetten, of opslag & conversie toe te passen. Gebruik van open (de facto) standaarden en protocollen is daarbij een randvoorwaarde.

Veel slimme energiediensten worden nu ontwikkeld voor congestie die ontstaat door teveel opwek van elektriciteit. Een nieuwe uitdaging vormt congestie door toenemend vraag naar elektriciteit. Op bedrijfsterreinen is dit een groeiend probleem. De verwachting is dat dit ook in wijken en stadscentra gaat spelen, bijvoorbeeld wanneer de bewoners in een straat grootschalig overstappen op elektrisch vervoer of de horeca in een wijk allemaal overstapt op inductiekoken. Er is behoefte aan de ontwikkeling van schaalbare slimme energiediensten die dit type congestie kunnen oplossen. Bovendien is onderzoek nodig of het oplossen van opwaartse en neerwaartse congestie vraagt om de inzet van verschillende soorten slimme energiediensten noodzakelijk zijn.

Oplossingen op het gebied van *transactive energy* zoals peer-to-peer energielevering, kunnen een rol spelen in het toekomstig energiesysteem. Het vergroot de (lokale) betrokkenheid van eindgebruikers bij de energietransitie. Het Clean Energy Package, Europese wetgeving uit 2019, die Nederland verplicht is om te implementeren, geeft meer ruimte voor *Energy Communities*. Daarmee wordt het mogelijk om gezamenlijk lokaal aan de slag te gaan met onderlinge uitwisseling, opwek, opslag en conversie van energie. Er is behoefte onderzoek naar en ontwikkeling van herhaalbare en schaalbare oplossingen om lokale energie-uitwisseling vorm te geven. Er bestaan nog verschillende beelden over nut en noodzaak van *transactive energy & energy communities*, en wanneer dergelijke initiatieven effectiever zijn dan top-down beleid. Daarom is onderzoek nodig naar de wijze waarop energy communities (EC's) vorm kunnen krijgen en de effecten van EC's op het (lokale) energiesysteem.

Een kritische succesfactor bij slimme energiediensten is de inleving in de belangen van deelnemers. In deelprogramma 5.1 worden verschillende ontwerpprincipes en kritische randvoorwaarden al toegelicht. Vroegtijdig onderzoek naar gebruikersgedrag, -ervaringen, -wensen en -voorwaarden zijn essentieel. Hier liggen duidelijke kansen voor collectieven van eindgebruikers via co-creatie te laten meewerken aan de ontwikkeling van slimme energiediensten. Het is belangrijk zo vroeg mogelijk in kaart te brengen wie de relevante stakeholders zijn en hen te betrekken. Hierbij is het belangrijk niet alleen te kijken naar de eindgebruikers, maar ook naar de niet-actief deelnemende gebruiker of stakeholder. De exacte vorm van het participatieproces zal afgestemd moeten worden op de specifieke innovatie.



De effectieve inzet van collectieve slimme energiediensten vraagt ook om nieuwe marktmechanismen en wet- en regelgeving die ruimte biedt voor deze initiatieven. De onderzoeksvragen op dit vlak worden geadresseerd in deelprogramma 3.

Sociaal-maatschappelijke ontwerpprincipes voor collectieve slimme energiediensten
Specifiek bij collectief georganiseerde energiesystemen ontstaan nieuwe uitdagingen. Om te komen tot opschaalbare oplossingen op gebiedsniveau, is aandacht nodig voor de drijfveren die mensen en organisaties motiveren om collectief met energiediensten aan de slag te gaan. Additioneel sociaal-maatschappelijk onderzoek is nodig naar de principes waarop collectieve slimme energiediensten het beste ontworpen kunnen worden. Aandacht voor volgende thema's is gewenst:

- Drijfveren: Hoe kunnen collectieve voordelen worden behaald, terwijl tegelijkertijd recht wordt gedaan aan individuele keuzevrijheid? Welke factoren bepalen of individuen en bedrijven überhaupt willen meedoen aan collectieve oplossingen?
- De organisatie van het collectief: In welke mate wil men verschillende gedragingen uitvoeren en op welke wijze kunnen (publiek-private) samenwerkingsverbanden tot stand komen? Hoe worden organisatorische en financiële kansen en risico's binnen het afgewogen en verdeeld?
- Keuzevrijheid: Hoe kunnen collectieve voordelen worden behaald, terwijl tegelijkertijd recht wordt gedaan aan individuele keuzevrijheid? Hoe kan een lock-in worden voorkomen?

Lokale systeemintegratie

Om de elektrificatie op gebiedsniveau vorm te geven, moet breder gekeken worden dan het elektriciteitssysteem alleen. Juist de uitwisseling tussen verschillende infrastructuren, energiedragers en sectoren biedt kansen. Verschillende locaties vragen om verschillende oplossingen die passen bij de aanwezige energiebronnen en de hoeveelheid en het type afnemers.

Er is behoefte aan meer onderzoek naar, ontwikkeling van en demonstratie van parallelle benutting van 'andere' elektriciteitsinfrastructuren, zoals openbare verlichting (OVL) en de OV-infrastructuur voor tram, metro, trolleybus en trein. Doordat steeds meer OVL-netten gebruik gaan maken van zuinige ledverlichting, komt er capaciteit vrij op deze netten. OV- en OVL-netten zijn vaak afgesloten netten met vaak maar één eigenaar en toepassing, waardoor het mogelijk de kabels ook voor andere toepassingen te benutten. Denk aan het invoeden van zonne-energie of het aansluiten van laadpunten. Dit wordt parallelle benutting genoemd. Bovendien zijn deze netten (steeds vaker) georganiseerd op basis van gelijkspanning, waardoor eenvoudigere methoden van aansturing van het net mogelijk worden.

Daarnaast is er behoefte aan verder onderzoek naar en ontwikkeling van de mogelijkheden voor conversie en uitwisseling tussen andere energiedragers en sectoren. Het geografisch concentreren van opslag-, conversie-, verbruiks- en uitwisselingsmogelijkheden in lokale 'energiehubs' kan bijdragen aan effectievere oplossingen. De energie-uitwisseling tussen assets van een energiehub kan op slimme manieren worden geoptimaliseerd achter één netaansluiting en hierdoor wordt er beperkt beroep wordt gedaan op het elektriciteitsnet. Een energiehub kan eventueel op



basis van gelijkspanning in plaats van wisselingspanning worden georganiseerd, energieverliezen worden voorkomen, materialen worden uitgespaard en verbeterde aansturingmogelijkheden ontstaan. De Whitepapers Gelijkspanning (2020, TKI Urban Energy) bieden een nadere beschrijving van dit innovatiethema. Meer onderzoek is nodig naar de ideale locaties voor deze hubs in het energiesysteem. Bovendien is verdere ontwikkeling en demonstratie nodig om deze hubs te operationaliseren. Aandacht voor lange-termijnopslag is daarbij van belang, om in verschillende seizoenen te kunnen voorzien in een duurzame energiebehoefte.

Waterstof kan een rol spelen om lokale elektriciteitsoverschotten op te slaan en de piekbelasting van de elektriciteitsnetten te voorkomen. De 'meerjarige programmatische aanpak voor waterstof'² beschrijft de mogelijkheden voor toepassing van waterstof in de gebouwde omgeving. Voor 2030 moet duidelijk zijn op welke wijze waterstof kan bijdragen aan de klimaatdoelen voor 2050. Mogelijk speelt waterstof na 2030 een rol bij gebouwen en wijken die op andere wijze lastig te verduurzamen zijn. Om dit mogelijk te maken, wordt erop ingezet om in de periode 2020-2025 3-5 pilots met waterstof in de gebouwde omgeving uit te voeren.

Tools en methodes voor ontwerp van het lokale energiesysteem

In 2021 komt iedere gemeente met een plan voor de warmtetransitie in iedere wijk, rekening houdend met de specifieke uitgangssituatie van de wijk, de mogelijkheden voor verduurzaming en systeemintegratie. Tools en rekenmodellen spelen nu al een grote rol om de kosten en wenselijkheid van verschillende ontwerpen van het energiesysteem in kaart te brengen en netbeheerders te ondersteunen.

Op de Nederlandse markt zijn tientallen energierekenmodellen te vinden. De bestaande tools produceren echter vaak op zichzelf staande uitkomsten die moeilijk te verbinden zijn aan uitkomsten van andere modellen. Er is behoefte aan het combineren van deze tools. Gestandaardiseerde en interoperabele data-uitwisseling is gewenst zodat verschillende energiemodellen van elkaars in- en output gebruik kunnen maken, waardoor een suite van modellen tot stand komt. Aansluiting bij het VIVET-programma kan helpen om verschillende databronnen samen te brengen.

Er is verder behoefte aan methoden voor publieksparticipatie in het ontwerp van en besluitvorming over lokale energiesysteem. *Serious gaming* en overige creatieve ontwerpmethoden kunnen ingezet worden om ervoor te zorgen dat burgers een gevoel krijgen bij de elektrificatie van de gebouwde omgeving, wat hun rol kan zijn in het nieuwe energiesysteem en hoe dit impact kan hebben op de fysieke en sociale leefomgeving. Op die manier kunnen de waarden en de zorgen van burgers op juiste wijze worden geïntegreerd in het ontwerp van energiesysteem.

² [https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/TKI%20Gas/publicaties/Waterstof%20voor%20de%20energie%20transitie%20-%20innovatieroadmap%20\(jan%202020\).pdf](https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/TKI%20Gas/publicaties/Waterstof%20voor%20de%20energie%20transitie%20-%20innovatieroadmap%20(jan%202020).pdf)



Thema 2.3. Technische bouwblokken voor energieflexibiliteit (op gebiedsniveau)

(Door)ontwikkelen opslag- en conversietechnieken

Om te voorzien in de lokale flexibiliteitsbehoefte voor nu en de toekomst is er behoefte aan (door)ontwikkeling van opslag- en conversietechnieken op het gebied van kosten, stabiliteit, reactiesnelheid en de mogelijkheid om verschillende behoeften (parallel) te bedienen met deze oplossingen. Let op: De ontwikkeling van nieuw opslagmaterialen is geen onderdeel van dit MMIP.

Slimme aansturing van flexibele assets (multi-asset, multi-purpose)

In de afgelopen jaren zijn verschillende (software)diensten ontwikkeld om flexibiliteit vanuit bepaalde apparaten tot waarde te brengen, bijvoorbeeld door als *virtual power plant* ermee te handelen of systeemdiensten te bieden aan de regionale en landelijke netbeheerders. De meeste energiediensten zijn ontwikkeld om één (soort, merk, type) apparaat in te zetten voor één doel. Er is behoefte aan doorontwikkeling van deze (software)diensten om verschillende apparaten in samenhang in te zetten voor verschillende flexdiensten. Gebruik van open (de facto) standaarden en protocollen is daarbij essentieel. De studie *Smart Grid Ready Energy Storage* (2020, TKI Urban Energy) biedt handvatten hoe dit voor opslagsystemen kan worden vormgegeven.

Aandachtspunten voor beleid

Uit eerdere projecten blijkt dat er technisch veel mogelijkheden zijn voor het organiseren van deze flexibiliteit en slimme diensten, maar dat bedrijven vaak aanlopen tegen knelpunten in wetten en regelgeving en in de ordening van de (energie)markt aan te lopen. Het *Rapport Knelpunten Smart Energy* (TKI Urban Energy, 2021) geeft een overzicht van deze knelpunten. De onderzoeksvragen op dit vlak worden geadresseerd in deelprogramma 3.

Verdere aandachtspunten zijn:

- Gebruik van standaard protocollen voor het plug & play aansturen van verschillende merken, typen en soorten apparaten is van belang voor schaalbare slimme energiediensten en het voorkomen van ongewenste lock-in situaties. Toepassing van deze protocollen zou gestimuleerd of afgedwongen moeten worden, bijvoorbeeld door dit op te nemen in de consessies voor publieke laadinfrastructuur door lokale overheden. NKL Nederland biedt hiervoor handreikingen.
- Bestaande elektriciteitsinfrastructuren voor openbare verlichting (OVL) en de OV-infrastructuur kunnen ook ingezet worden voor bijvoorbeeld het invoeden van zonne-energie of het aansluiten van laadpunten. Deze netten zijn vaak afgesloten netten met vaak maar een lokale overheid als eigenaar. Zij zouden deze 'parallele benutting' moeten faciliteren.
- Dit innovatieprogramma verkent oplossingen om lekstromen en verstoring van *Power Quality* te reduceren of te voorkomen. Dit vraagt ook om aangescherpte normen in het ontwerp en installatie van bijvoorbeeld omvormers.



Deelprogramma 3 – Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem van de gebouwde omgeving

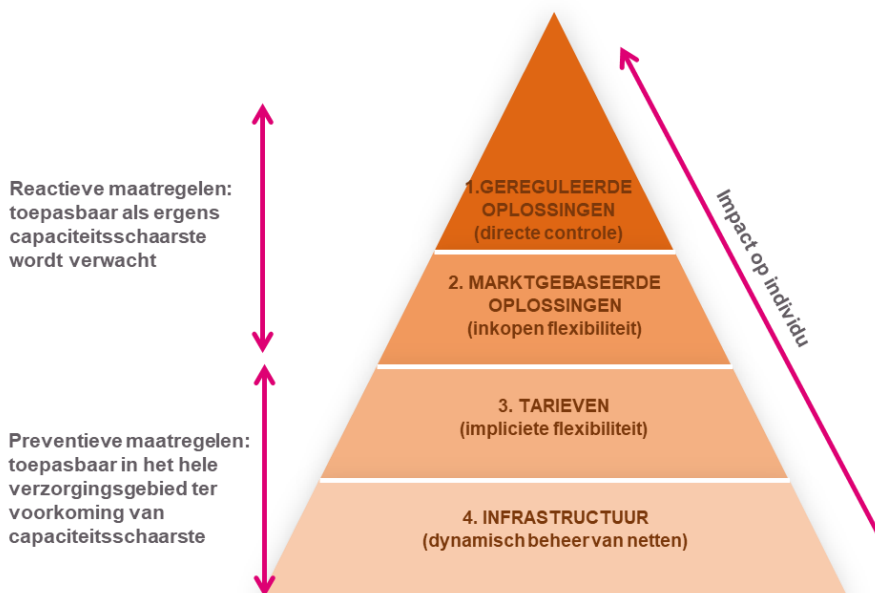
Inleiding

De energietransitie brengt een verandering teweeg in de wijze waarop het energiesysteem in de gebouwde omgeving is georganiseerd. Door de elektrificatie van het energiesysteem vindt er een transitie plaats

Dit deelprogramma is gericht op de verdienmodellen, marktmodellen en wettelijke kaders van het elektriciteits-systeem van de toekomst.

naar een gedecentraliseerd en meer bottom-up georganiseerd systeem. Daardoor ontstaat de kans voor burgers en bedrijven om zelf vorm te geven aan en in te grijpen op de wijze waarop zij duurzaam voorzien in de eigen energiebehoefte. Tegelijkertijd blijft de gebouwde omgeving onderdeel van het (inter)nationale elektriciteitssysteem en moet daarmee ook elektriciteit en flexibiliteit kunnen uitwisselen. Slimme energiediensten kunnen, bij goede afstemming, zowel ingezet worden voor lokale uitdagingen als nationale uitdagingen.

Dit vraagt om nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem, nieuwe vormen van samenwerking en een andere manier waarop de baten en lasten tussen stakeholders worden verdeeld. Aanpassing van verdienmodellen, marktmodellen, wettelijke kaders en fiscale ordening is nodig, willen de innovaties uit dit MMIP grootschalig ingezet kunnen worden. Eerlijkheidsvragen, sociale dilemma's en verdeelvraagstukken moeten hierbij niet uit de weg worden gegaan. Een logische manier om te kijken naar de kaders voor slimme energiediensten, is weergegeven in onderstaande 'flexpyramide'.



Huidige stand van zaken

Slimme energiediensten en nieuwe organisatievormen gaan een belangrijke rol spelen in het toekomstige elektriciteitssysteem. Vanuit de netbeheerders wordt het belang van flexibel energiesysteem steeds duidelijker erkend. Dit blijkt ook uit de studie *Warmte & Flexibiliteit* van TenneT en de *Infrastructuurverkenning 2030-2050* van de gezamenlijke netbeheerders. Op het gebied van 'marktgebaseerde oplossingen' wordt veel



voortgang geboekt: In 2017 is gestart met de ontwikkeling van het GOPACS, het platform van de netbeheerders om congestie in het net te verminderen. In 2020 is Liander als eerste regionale netbeheerder ook daadwerkelijk gestart met congestiemanagement op basis van dit platform. Daarnaast lanceerde TenneT het platform *Equigy* waarmee de inzet van gedistribueerde decentrale flexibiliteit laagdrempeliger wordt gemaakt. Voor de lancering is dit platform met marktpartijen getest in verschillende demonstratieprojecten.

Veel slimme energiediensten worden nu echter nog beperkt in toepassing door het ontbreken van een goed verdienmodel, ondanks de significante impact die de oplossingen kunnen hebben op de maatschappelijke kosten van het energiesysteem. In de studie *Handelingsperspectief voor knelpunten marktordening & wetgeving rond Smart Energy* (2021, TKI Urban Energy) is in kaart gebracht welke knelpunten innovatoren ervaren op het gebied van wetgeving en de ordening van de energiemarkt, en welke oplossingsrichtingen er zijn voor deze knelpunten.

Innovatieopgave

Dit deelprogramma richt zich op de volgende onderwerpen:

| Thema | Kennis- en innovatievraagstukken | Onderzoek | Ontwikkeling | Demonstratie | Implementatie |
|---|---|-----------|--------------|--------------|---------------|
| 3.1 - Ontwerp en operationalisering van het toekomstige elektriciteitssysteem | Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem in de gebouwde omgeving | X | X | | |
| | Afsprakenstelsels en referentiearchitecturen voor de slimme energiediensten | X | X | X | X |
| 3.2 – Marktmechanismen voor flexibiliteit uit de gebouwde omgeving | Coördinatiesystemen voor congestiemanagement | | X | X | X |
| | Laagdrempelige toegang tot (inter)nationale energiemarkten | | X | X | X |

Belangrijke aandachtspunten bij het ontwikkelen van de innovaties van dit deelprogramma zijn: maatschappelijk verantwoord innoveren (MVI), digitalisering en veiligheid (zie hoofdstuk 3). Dit deelprogramma werkt aan de volgende KPI's:



| Emissiereductie | Energetische inpassing | Economische haalbaarheid | Maatschappelijke haalbaarheid | Schaalbaarheid |
|--|--|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Bijdrage aan inzet meer decentrale flexibiliteitsmogelijkheid en op energiemarkten | <ul style="list-style-type: none"> • De mate waarin een energie-/flexibiliteitsmarkt zonder (wettelijke) belemmeringen kan functioneren • Beter zicht op knelpunten & congestie in elektriciteitsnet | <ul style="list-style-type: none"> • De (verwachte) prijsprikkels op een energie-/flexibiliteitsmarkt in €/MW(h) • Besparing op maatschappelijke kosten | <ul style="list-style-type: none"> • Gebruiksgemak • Participatiemomenten stakeholders • Aandacht voor kwetsbare groepen • Aandacht voor verschillende publieke waarden • Aandacht voor randvoorwaarden (cybersecurity, privacy etc.) • Draagvlak en acceptatie | <ul style="list-style-type: none"> • Laagdrempelige toegang participanten op energiemarkten |

Thema 3.1. Ontwerp en operationalisering van het toekomstige elektriciteitssysteem

Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem in de gebouwde omgeving

Er is onderzoek nodig naar de wijze waarop het energiesysteem van de toekomst (2030 en 2050) dient te worden vormgegeven en de wijze waarop slimme energiediensten daarin zijn ingebed. Hoe komen we tot een afwegingskader voor de betrouwbaarheid, betaalbaarheid én maatschappelijk acceptatie van het energiesysteem? Simulaties en pilots kunnen relevante kennis en inzichten opleveren om dit onderzoek te voeden. Er is aandacht nodig voor vijf samenhangende zaken:

- *Impact en effect van slimme energiediensten.* In welke mate is flexibiliteit van belang in de toekomst qua hoeveelheid en soort? Op welke wijze kunnen slimme energiediensten effectief een rol spelen in het energiesysteem? Hoe betrouwbaar zijn verschillende flexibele technologieën? Er is veel geschreven over de theoretische potentie van flexibele warmtepompen, maar in welke impact gaan deze daadwerkelijk hebben? Welke rol gaan thuisbatterijen spelen en hoe kunnen deze anders assets optimaliseren? En in hoeverre is deze effectiviteit en betrouwbaarheid afhankelijk van de wettelijke kaders en afsprakenstelsels? Aandacht is nodig voor 'kannibalisme' van flexibiliteitsoplossingen. Wat gebeurt er als verschillende opties, die op zichzelf stand aangetoond hebben dat zij een meerwaarde hebben, samen in één systeem ingezet worden? Hoe effectief zijn ze dan nog? Zijn ze complementair, vullen zij elkaar aan en kunnen ze samen een meerwaarde creëren? Of is juist het tegendeel het geval?
- *Botsende behoefte aan flexibiliteit:* Flexibiliteit kan voor verschillende doelen worden ingezet en verschillende actoren zullen hiermee aan de slag gaan. Belangen kunnen dan parallel lopen, maar ook botsen. Er is meer inzicht nodig in de (on)gelijktijdigheid van de flexibiliteitsbehoeften. Een buurtbatterij kan bijvoorbeeld congestie veroorzaken als het wordt ingezet om onbalans te voorkomen. Daar ligt bovendien een risico voor oneigenlijk gebruik van mechanismen (gaming). In een doemscenario gaan alle opbrengsten naar de



aggregator en commerciële partijen en kost het de Nederlandse samenleving extra geld. Het bijstellen van afsprakenstelsels kan een wijze zijn om met tegengestelde signalen om te gaan, bijvoorbeeld door netwerk-prioriteiten te standaardiseren door verdere uitwerking van het 'stoplichtmodel'.

Curtailement, het afschakelen van duurzame opwek, wordt vaak gezien als onwenselijk, omdat daardoor minder duurzame energie wordt opgewekt. Toch kan curtailement op systeemniveau netto positieve effecten hebben. Zo kan curtailement bijdragen aan het voorkomen van congestie, waardoor er meer ruimte ontstaat om additionele duurzame opwek aan te sluiten op het elektriciteitsnet. Curtailement vraagt om een samenspel is van netbeheerders en ontwikkelaars. Onderzoek is nodig naar ideale mate waarin curtailement ingezet zou moeten worden, waarbij een goede businesscase voor opwek blijft bestaan, maar overbodige maatschappelijke voor netverzwaring wordt beperkt.

- *Businesscase van en (prijs)prikkels voor flexibiliteitsoplossingen.* Waarom komen bepaalde flexibiliteitsoplossingen wel of niet van de grond? Welke nieuwe verdienmodellen zijn mogelijk? Kan het bijstellen van (wettelijke) kaders bijdragen aan grootschalige implementatie? Het is belangrijk om te onderzoeken hoe bepaalde veranderingen in prijsmechanismes (prijsprikkels) of aanpassingen van het tariefstelsel kunnen bijdragen aan de verdienmogelijkheden van verschillende flexibiliteitsoplossingen en daarmee de betaalbaarheid en betrouwbaarheid van het elektriciteitssysteem. Daarnaast is inzicht nodig in de volumeontwikkeling en de businesscases die zullen ontstaan. Wat worden de kosten voor flexibiliteit voor netbeheerders als ze die rechtstreeks of via aggregators inkopen?
- *Draagvlak voor nieuwe kaders.* Beslissingen over bijvoorbeeld nieuwe tariefstructuren en aansluitvoorwaarden raken rechtstreeks aan burgers. Draagvlak is essentieel wanneer het nodig is om dergelijke veranderingen door te voeren. Hoe komen we tot een afwegingskader dat niet alleen op technocratische manier kijkt naar het energiesysteem, maar juist maatschappelijke aspecten meeneemt?
- *Rollen en belangen in het marktsysteem.* Hoe veranderen rollen en welke nieuwe rollen kunnen we onderscheiden in het toekomstige energiesysteem? Welke rol gaan bijvoorbeeld *Balance Service Providers* (BSP's) en *Energy Communities* spelen? En welke rechten en plichten horen bij deze rollen? Hoe voorkomen we dat toegankelijkheid, betaalbaarheid en betrouwbaarheid in het gedrang komt doordat een monopolist de hele markt in de handen krijgt?

Afsprakenstelsels en referentiearchitecturen voor slimme energiediensten

De wijze waarop netbeheerders de inzet van slimme energiediensten door derden faciliteren, bepaalt in welke mate deze energiediensten van de grond kunnen komen. In samenwerking ontwikkelde afsprakenstelsels en referentiearchitecturen gelden als een belangrijke voorwaarde om ketensamenwerking bij energiediensten te faciliteren, door (*near realtime*) data-uitwisseling mogelijk te maken en data op gestandaardiseerde wijze te delen. Denk aan het Universal Smart Energy Framework (USEF) voor de inzet van energieflexibiliteit of het Layered Energy System voor de inzet van blockchain bij energietransacties. Door gezamenlijk nieuwe afsprakenstelsels, afwegingskaders en referentiearchitecturen te ontwikkelen, komen nieuwe oplossingen binnen handbereik.



Het ontwikkelen van afsprakenstelsels is met name urgent bij de gereguleerde uitvraag naar flexibiliteit voor congestiemanagement door de netbeheerder. De Overlegtafel Energievoorziening heeft een afwegingskader ontwikkeld waarmee de netbeheerder de ruimte biedt om marktgebaseerde flexibiliteit in te kunnen zetten als (tijdelijk) alternatief voor investeringen in de verhoging van de transportcapaciteit door gebruik te maken van een gerichte tender of inkoop. Het is nu nodig om hier praktijkervaring mee op te doen en dit verder te operationaliseren. Aandachtspunt hierbij is de schaalbaarheid en effectiviteit waarmee flexibiliteit kan worden ingezet, op een wijze die aansluit bij de wensen van de markt. Relevante vraagstukken zijn de prijsmodellen die netbeheerders kunnen gebruiken voor inkoop van flexibiliteit, en welke contractvorm en -duur gewenst zijn tussen netbeheerders en markt, zodat een verdienmodel voor beide ontstaat.

De markt heeft op dit moment onvoldoende toegang tot data over de staat van het elektriciteitssysteem. Door (inzichten uit) energiedata uit te wisselen tussen actoren kunnen nieuwe oplossingen worden ontwikkeld. Aansluiting bij het VIVET-programma kan helpen om verschillende databronnen samen te brengen. Op lokaal niveau is bijvoorbeeld een mechanisme nodig die rechtstreeks toegang heeft tot de lokale belastingpatronen van het elektriciteitsnet, omdat lokale netbelasting niet af te leiden is van de nationale marktprijzen. Netbeheerders dienen de markt te faciliteren door meer informatie beschikbaar te stellen, bijvoorbeeld voor het voorspellen van toekomstige netbelasting (knelpunten voorzien) en congestie (prognoses enkele dagen vooruit). Belangrijk aandachtspunt is het bereiken van voldoende transparantie, zodat het voor marktpartijen tijdig helder is in welke gebieden netbeheerders marktgebaseerde oplossingen wil gaan toepassen en onder welke voorwaarden.

Thema 3.2. Marktmechanismen voor flexibiliteit uit de gebouwde omgeving

Coördinatiesystemen voor congestiemanagement

In 2019 lanceerden TenneT en de regionale netbeheerders Stedin, Liander, Enexis en Westland Infra gezamenlijk het netbeheerdersplatform GOPACS. Het is een nieuwe route om marktpartijen een verdienlijn te bieden voor de inzet van flexibiliteit om congestie te voorkomen. Bij deze oplossing wordt de centrale intra-day handelsmarkt gekoppeld aan lokale uitdagingen

Er is behoefte aan projecten die de effectiviteit en potentie van GOPACS in kaart brengen, die werken aan de doorontwikkeling van het platform en die de eventuele behoefte aan parallelle of aanvullende oplossingen inzichtelijk maken. Wanneer er behoefte is aan additionele (parallelle of aanvullende) oplossingen, biedt MMIP 5 ruimte voor de ontwikkeling van nieuwe marktmechanismen en coördinatiesystemen gericht op uitdagingen in de gebouwde omgeving. Aandachtspunt hierbij is de schaalbaarheid en effectiviteit waarmee flexibiliteit kan worden ingezet.

Laagdrempelige toegang tot (inter)nationale energiemarkten

Om het (inter)nationale elektriciteitssysteem te balanceren ontstaat een groeiende behoefte aan (geaggregeerde) inzet van kleinschalige flexibiliteit vanuit de gebouwde omgeving. Om kleinverbruikers en andere actoren uit de gebouwde omgeving (betere) toegang te bieden tot bestaande marktmechanismen, dient gewerkt te worden aan verdere oplossingen waarmee actoren uit de gebouwde omgeving gemakkelijker



toegang kunnen krijgen tot handelsmarkten of systeemdiensten, bijvoorbeeld de ontwikkeling van nieuwe platformen voor energiehandel en systeemdiensten of de verlaging van barrières van bestaande platformen. In 2020 lanceerde TenneT reeds het blockchainplatform Equigy waarmee huishoudens en eigenaren van bijvoorbeeld elektrische voertuigen de flexibele capaciteit van hun auto's, warmtepompen en thuisbatterijen op de energiemarkten kunnen aanbieden.

Aandachtspunten voor beleid

Relevante aandachtspunten voor beleid vormen een integraal onderdeel van dit hele deelprogramma. Het *Rapport Knelpunten Smart Energy* (TKI Urban Energy, 2021) geeft een goed overzicht van de knelpunten in wetten en regelgeving en in de ordening van de (energie)markt waar bedrijven tegenaan aan te lopen.



Deelprogramma 4 – Elektrische infrastructuur in de gebouwde omgeving

Inleiding

Dit deelprogramma werkt aan de toekomstbestendigheid van de elektriciteitsinfrastructuur. De infrastructuur is nu niet altijd berust op de toekomstige elektriciteitsvraag. Er is behoefte aan oplossingen om de verzwaringsoperatie tijdig en met minimale overlast voor de omgeving te kunnen realiseren, rekening houdend met het feit dat netbeheerders nu al tegen de grenzen van hun capaciteit aanlopen. Dat vraagt o.a. om slimme en effectieve aanlegmethodes waarmee met minimale verstoring van de gebouwde omgeving de komende jaren de netcapaciteit kan worden uitgebreid.

Dit deelprogramma richt zich op de elektrische infrastructuur: de aanleg & onderhoud, de inpassing in de ruimtelijke omgeving, monitoring & control.

Om zo goed mogelijk gebruik te maken van de bestaande en toekomstige capaciteit van het net en de betrouwbaarheid van de elektriciteit te bewaken, is inzicht in de status van het netwerk gewenst. Op dit moment hebben de netbeheerders beperkt *realtime* inzicht in de staat van het distributienetwerk. Netbeheerders beogen om ruim voor 2030 alle energie-infrastructuur (elektra en warmte) uit te rusten met sensoren die de status en belasting kunnen meten. Er is behoefte aan handvatten voor netbeheerders om de monitoring en control vorm te geven van de elektrische infrastructuur in de gebouwde omgeving. Dit kan bijdragen aan verbeterde transportprognoses, efficiënt assetmanagement, verminderde overlast voor de omgeving, beperking van veiligheidsrisico's en verlaging van de *lifecycle*kosten. De gewenste monitoring- en controlopties bestaan zowel uit software (conditiemetingen, patroonherkenning en voorspellingen) als hardware (sensoren, meters, slimme vermogenselektronica). Cybersecurity is hierbij een belangrijk aandachtspunt.

Huidige stand van zaken

De netbeheerders staan voor een immense opgave om het Nederlandse stroomnet te verzwaren om de stijgende vraag naar elektriciteit en de integratie van duurzame energie mogelijk te maken. De netbeheerders staan voor een immense financiële en operationele opgave en kampen nu al met een personeelstekort. Nu regionale en lokale energieplannen vorm krijgen, wordt ook duidelijk dat de ruimtelijke inpassing van deze infrastructuur een steeds grotere uitdaging gaat worden. Zeker in grote steden waar de ruimte voor nieuwe infrastructuur beperkt is. De stad Amsterdam heeft alleen al zes extra onderstations nodig. Het bouwen en plannen van een onderstation kost al snel acht jaar. De netbeheerders werken individueel en gezamenlijk met marktpartijen en andere infrastructuurbeheerders aan nieuwe oplossingen om aanleg, onderhoud en verzwarening van de infrastructuur zo efficiënt en effectief mogelijk te maken.



Innovatieopgave

Dit deelprogramma richt zich op de volgende onderwerpen:

| Thema | Kennis- en innovatievraagstukken | Onderzoek | Ontwikkeling | Demonstratie | Implementatie |
|---|---|-----------|--------------|--------------|---------------|
| 4.1 – Aanleg en uitbreiding van de elektriciteitsinfrastructuur | Verbeterde methoden voor aanleg en uitbreiding van infrastructuur | | X | X | X |
| | Ruimtelijke inpassing van elektrische infrastructuur | X | X | X | X |
| 4.2 – Robuuste en levensbestendige elektriciteitsinfrastructuur | Opties voor monitoring en control van lokale energie-infrastructuur | | X | X | X |
| | Power Quality | X | X | X | |
| | Elektromagnetische verstoring | X | X | X | |

Belangrijke aandachtspunten bij het ontwikkelen van de innovaties van dit deelprogramma zijn: digitalisering en human capital (zie hoofdstuk 3).

Dit deelprogramma werkt aan de volgende KPI's:

| Emissiereductie | Energetische inpassing | Economische haalbaarheid | Maatschappelijke haalbaarheid | Schaalbaarheid |
|---|--|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Verbeterde aanleg- & onderhoudsmethoden | <ul style="list-style-type: none"> • Verbeterde sturingsopties van de e-infrastructuur • Verbeterde inzichten in de staat van de e-infrastructuur • Reductie verstoringen (Power Quality/EMS) | <ul style="list-style-type: none"> • CAPEX, OPEX • Businesscase/TVT • Efficiëntieverbetering aanleg- & onderhoudsmethoden (geld) | <ul style="list-style-type: none"> • Verlaging onderhoudstijd en overlast op omgeving • Verbeterde inpasbaarheid van infrastructuur in fysieke leefomgeving • Draagvlak en acceptatie • Aandacht voor publieke waarden • Aandacht voor randvoorwaarden (cybersecurity, privacy etc.) | <ul style="list-style-type: none"> • Toepassingspotentieel • Installatietijd • Efficiëntieverbetering aanleg- & onderhoudsmethoden (tijd) • % gevallen dat netverzwaring voorkomen kan worden |

Thema 4.1. Aanleg en uitbreiding van de elektriciteitsinfrastructuur

Verbetering aanleg en uitbreiding van infrastructuur

Er is behoefte aan de ontwikkeling, demonstratie en implementatie van nieuwe oplossingen om nieuwe infrastructuur aan te leggen en eenvoudig bestaande infrastructuur & installaties uit te breiden. Dat is nodig om de elektrificatie tegen lagere kosten en met minder arbeid te realiseren. Enerzijds kan gedacht worden aan slimmere en efficiëntere werkmethoden, zoals nieuwe graafmethoden, graafrobots en methoden om de ligging van kabels en leidingen digitaal te lokaliseren. Anderzijds kan



gedacht worden aan het toepassen van vernieuwende componenten die met minder arbeidstijd geïnstalleerd kunnen worden, waaronder nieuwe verbindingstukken, lichtere en buigzamere materialen. Daarbij kan ook gedacht worden aan standaard aansluitmodules voor bijvoorbeeld laadpalen, lantaarnpalen en/of putkasten. Ook retrofit oplossingen passen hierbij.

Daarbij is er ook aandacht nodig voor het optimaliseren van de werkprocessen voor de aanleg en onderhoud van de elektrische infrastructuur. Te denken valt ook aan gestandaardiseerd ontwerp en bouw van onderstations, waardoor het voorbereidingsproces en de bouw sneller kan plaatsvinden. Daarbij is ook aandacht nodig voor de interactie met (de aanleg van) andere infrastructuren, zoals gas- en warmtenetten, het glasvezelnet, waterleidingen en het riool. Met behulp van methoden om synergie te realiseren tussen de aanleg en het onderhoud van meerdere infrastructuren, kunnen overlast en hoge maatschappelijke worden beperkt.

Verder worden kansen gezien voor tijdelijke oplossingen die op korte termijn additionele capaciteit kunnen leveren, zoals de toepassing van mobiele transformatorstations. Voordelen van dergelijke mobiele oplossingen zijn het feit dat deze prefab door een fabrikant geleverd kunnen worden, sneller geplaatst kunnen worden en later op andere locaties toegepast kunnen worden.

Ruimtelijke inpassing en flexibilisering van infrastructuur

Een knelpunt in de uitbreiding van de infrastructuur, vormt de ruimtelijke inpassing van deze infrastructuur & installaties in de gebouwde omgeving. Er is behoefte aan onderzoek, ontwikkeling en demonstratie van verbeterde mogelijkheden om de infrastructuur in te passen in de gebouwde omgeving. Te denken valt aan ondergrondse stations, geïntegreerde systemen etc. Bij het ontwerp van deze oplossingen is het van belang om oog te hebben voor publieke waarden en rekening te houden met de wensen uit de maatschappij. De toename in elektrische infrastructuur zal namelijk een groot deel van ons straatbeeld gaan bepalen. Belangrijke aspecten zijn de welstand en esthetiek in de wijk, ruimtelijke ordening en stedelijke planning, omgevingsveiligheid, maar ook inpassing van klimaatadaptatie en milieugerelateerde effecten, zoals biodiversiteit.

Ook flexibilisering van de infrastructuur behoort tot de mogelijkheden. Waar in het verleden netcapaciteit met een grote voorspelbaarheid voor de toekomst kon worden berekend is de belasting en de daarbij behorende netcapaciteit steeds onvoorspelbaarder geworden. Datacenters die net zo snel weer gaan als dat ze gekomen zijn vragen vaak voor onbekende tijd een flinke aanpassing van de netcapaciteit. Flexibele oplossingen zijn nodig waardoor investeringen in netcapaciteit beter aansluiten bij tijdelijke capaciteitsvraag.

Thema 4.2. Robuuste en levensbestendige elektriciteitsinfrastructuur

Verbeteren van onderhoudsmethoden en uitnutting van elektriciteitsnetten

Er is behoefte aan het vergroten van de voorspelbaarheid van het noodzakelijke onderhoud aan de elektriciteitsinfrastructuur. Door toepassing van sensoriek, online & offline monitoring en data-analyse (machine learning) wordt het mogelijk om meer



proactief onderhoud te plegen aan de elektriciteitsinfrastructuur. Daarbij kan zowel data op componentniveau en uit het bredere energiesysteem toegepast worden. Zo wordt de levensduur van de bestaande netten vergroot.

Verder is er behoefte aan verbeterde inzichten (studies en monitoring) naar de belastbaarheid van huidige systemen vergroten zonder dat de betrouwbaarheid afneemt. Dat kan bijvoorbeeld door verbeterde inzichten en nieuwe technieken restlevensduur van huidige systemen verlengen. De inzet van IT-oplossingen om op basis van (realtime) data uit deze slimme netten daadwerkelijke sturingsmogelijkheden in de netten te realiseren kan hiervan een onderdeel zijn.

Door de toepassing van vermogenselektronica wordt het mogelijk om de capaciteit van de elektriciteitsinfrastructuur beter te benutten, kortsluitvermogen te beperken, *power quality* te ondersteunen en te sturen op vermogen en spanning. Dat maakt het in potentie mogelijk om netten te 'verzwaren' zonder de grond open te halen. Met de toepassing van vermogenselektronica wordt het ook mogelijk om de elektrische infrastructuur die is ingericht is op basis van wisselspanning te organiseren op basis van gelijkspanning. De whitepaper *Gelijkspanning in Lokale DC-Netten* (2020, TKI Urban Energy) biedt een nadere beschrijving van dit innovatiethema. Er is behoefte aan het opdoen van enkele praktijkexperimenten, zodat een maatschappelijke kosten-batenanalyse mogelijk is naar de inzet van vermogenselektronica t.o.v. netverzwaring.

Power Quality

Een slechte *Power Quality* kan resulteren in een verkeerde werking van de apparatuur, versnelde veroudering, uitval van de installatie, verlies van productieproces en bijbehorende financiële consequenties. De Netcode elektriciteit geeft de toetsingscriteria waaraan voldaan moet worden. Zo wordt de kwaliteit van de spanning gekenmerkt door parameters als harmonische vervorming, spanningsasymmetrie en de langzame spanningsvariatie: blijft de spanning binnen de bandbreedte. Daarnaast spelen spanningsdips een belangrijke rol. *Power Quality* is een aspect wat betrekking heeft op alle spanningsniveaus. Veel van de genoemde fenomenen kunnen propageren tussen de verschillende spanningsniveaus. Zo kan een kortsluiting in het hoogspanningsnet de installaties van aangeslotenen in het middenspanningsnet beïnvloeden.

De energietransitie heeft voor alle netten gevolgen. In het hoogspanningsnet zijn de belangrijkste veranderingen het afnemende kortsluitvermogen en de toename van kabelverbindingen. In de midden- en laagspanningsnetten neemt met name de invloed van decentrale opwek en de veranderende belasting toe. Tenslotte neemt op alle spanningsniveaus het gebruik vermogenselektronica toe, zowel in het net van de netbeheerders als in de installatie van de aangeslotenen. Er is een grote zorg dat door deze ontwikkelingen de kwaliteit van de spanning verslechterd en er niet meer aan de huidige spanningskwaliteit criteria voldaan kan worden. Ook zijn er nieuwe fenomenen. Bijvoorbeeld het onderwerp super-harmonische verstoringen is een opkomend en redelijk onbekend onderwerp dat aandacht behoeft. Dit is een complex verschijnsel, waar nog geen richtlijnen voor zijn. Een slechte *Power Quality* veroorzaakt al in toenemende mate problemen in elektrische installaties.



In deelprogramma 1 & 2 wordt al aandacht gevraagd voor de ontwikkeling van apparatuur die *Power Quality* niet onnodig negatief beïnvloedt. Daarnaast is er behoefte aan oplossingen die de spanningshandhaving en verbetering van vermogenskwaliteit op het elektriciteitsnet mogelijk maken. Mogelijk dat daarvoor aanvullende metingen en monitoring noodzakelijk is.

Er is behoefte aan studies naar de omvang, spreiding en impact van de verschillende soorten van verstoringen. Daarnaast is er behoefte aan onderzoek en ontwikkeling van oplossingen die bijdragen aan het borgen van de kwaliteit van de spanning op het elektriciteitsnet rekening houdend met alle ontwikkelingen van de energietransitie.

Elektromagnetische verstoring

Naast verstoringen van de *Power Quality* bleek uit eerder onderzoek dat PV-systemen bij een onjuiste installatie (ver)storingen kunnen veroorzaken, die ertoe leiden dat apparaten gestoord worden in hun gebruik. Denk bijvoorbeeld aan verstoring van luchtvaartcommunicatie, het niet meer functioneren van draadloze afstandsbedieningen voor auto of garagedeur of slechte ontvangst op radio's. Omdat de markt voor PV-installaties groeit, neemt de kans dat er meer (en grotere) verstoringen plaatsvinden toe.

Hoewel de grootste bijdrage aan dit probleem van zon-pv zal komen, kan dit probleem ook in andere situaties opspelen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan snelladen, het (toenemend) gebruik van DC, het laden en ontladen van accu's voor opslag in wijken en woningen en warmtepompen met een regelbaar toerental.

Dit probleem wordt al mondjesmaat opgepakt door de industrie zelf doordat er al langer R&D op dit gebied plaatsvindt. Maar het specifieke gebied van elektromagnetische verstoringen vanuit zon-PV systemen op luchtvaart, afstandsbedieningen en radioverkeer is nog nauwelijks onderzocht en is er behoefte aan meer en diepgravend onderzoek.

Aandachtspunten voor beleid

Relevante aandachtspunten voor beleid bij dit deelprogramma zijn:

- Lokale en regionale overheden dienen in een vroeg stadium al rekening met de verzwaring van de elektrische infrastructuur en de bijbehorende impact op de fysieke leefomgeving. In overleg met netbeheerders dienen tijdig gebieden te worden aangewezen voor bijvoorbeeld nieuwe onderstations.
- Dit innovatieprogramma verkent oplossingen om verminderde *Power Quality* en ongewenste elektromagnetische verstoring te reduceren of te voorkomen. Dit vraagt ook om aangescherpte normen in het ontwerp en installatie van omvormers.



3 Doorsnijdende thema's

Dit hoofdstuk biedt een overzicht van maatschappelijke thema's en daarmee samenhangende aandachtspunten die relevant zijn voor het behalen van de doelen van MMIP 5. Het betreft: Digitalisering, Veiligheid, Maatschappelijk Verantwoord Innoveren (MVI) en Circulariteit.

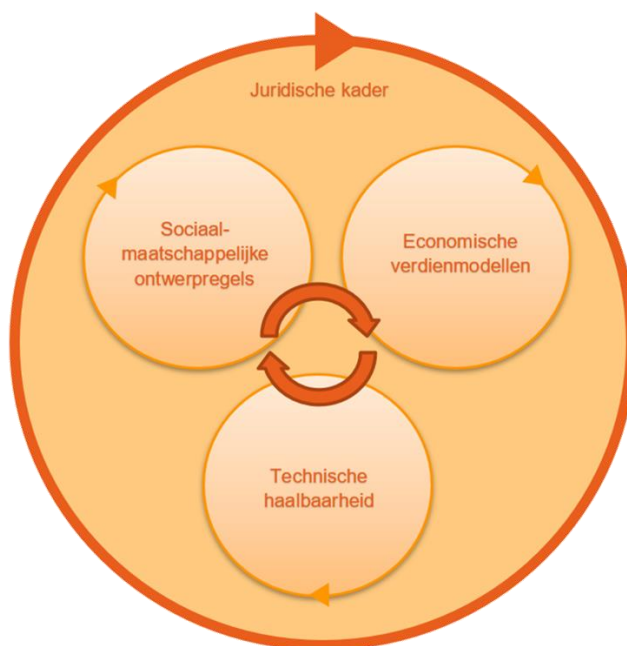
Maatschappelijk verantwoord innoveren, digitalisering, veiligheid en human capital en zijn relevante aandachtspunten voor dit innovatieprogramma.

Maatschappelijk Verantwoord Innoveren

Vormgeving vanuit publieke waarden

De energietransitie leidt tot een compleet nieuw soort elektriciteitssysteem, draaiend op digitale platformen met een sleutelrol voor data. In de transitie naar dit nieuwe systeem kunnen publieke waarden onder druk komen te staan. Het is daarom van belang dat het nieuwe energiesysteem wordt vormgegeven vanuit relevante publieke waarden, zodat een werkelijk eerlijke, inclusieve en democratisch bestuurbare energiemarkt ontstaat.

Binnen dit innovatieprogramma wordt ernaar gestreefd om vanaf het begin van het innovatieproces niet alleen oog te hebben voor technische haalbaarheid en economische verdienmodellen, maar dat er tegelijkertijd sociaal-maatschappelijke ontwerpregels worden gehanteerd waardoor publieke waarden zijn geborgd. Dit is schematisch in figuur rechts weergegeven.



Ter inspiratie biedt de [Club van Wageningen](#) een handreiking over inhoudelijke en proceswaarden die relevant kunnen zijn in een digitale energiemaatschappij.

Deze waarden worden weergegeven in onderstaande tabel. Daarbij wordt een onderscheid gemaakt tussen publieke waarden die actief worden nagestreefd en publieke waarden die door digitalisering onder druk komen te staan. Deze laatste waarden moeten veilig worden gesteld en vragen om een goede inbedding van digitale technieken in de samenleving en in het bijzonder in ons energiesysteem. Afhankelijk van het type innovatie en de beoogde doelgroep kan er een verschil zijn in welke mate bepaalde publieke waarden van belang zijn en hoe deze waarden tegen elkaar worden afgewogen.



| Type publieke waarde | Mogelijke uitwerking van publieke waarden (zoals ingevuld door Club van Wageningen) | |
|----------------------|--|---|
| Inhoudelijke Waarden | Streefwaarden | <ul style="list-style-type: none"> • Schoonheid ('mensen willen het') • Duurzaamheid • Betaalbaarheid • Beschikbaarheid |
| | Te borgen waarden | <ul style="list-style-type: none"> • Privacy, met als vraagstukken: gegevensbescherming, privacy, digitaal huisrecht, mentale privacy, surveillance, doelverschuiving • Veiligheid, met als vraagstukken: informatieveiligheid, identiteitsfraude, fysieke veiligheid • Eerlijke machtsverhoudingen, met als vraagstukken: oneerlijke concurrentie, uitbuiting, relatie consument-bedrijf • Controle over technologie, met als vraagstukken: controle en inzicht in algoritmen, verantwoordelijkheid, onvoorspelbaarheid • Autonomie, met als vraagstukken: keuzevrijheid, vrijheid van meningsuiting, manipulatie, paternalisme • Menselijke waardigheid, met als vraagstukken: dehumanisering, instrumentalisering, de-skilling, de-socialisatie, werkloosheid) • Rechtvaardigheid, met als vraagstukken: discriminatie, uitsluiting, gelijke behandeling, stigmatisering |
| Proceswaarden | | <ul style="list-style-type: none"> • Betekenisvolle participatie • Gezamenlijke agendavorming • Verantwoordelijkheid voor de uitvoering (en toezicht) |

Interdisciplinaire samenwerking

De ontwikkeling van slimme energiediensten vraagt om interdisciplinaire samenwerking. Samenwerking met de creatieve sector en sociale wetenschappers biedt een schakel tussen *technology push* en *market pull*. Het is belangrijk om sociaal-maatschappelijke aspecten vroeg mee te nemen vanaf het begin van het ontwerpen van technologie, en niet alleen pas als er weestand opstaat. Kennis van relevante psychologische en gedragsfactoren is daarbij noodzakelijk. Dit kan cruciale inzichten bieden in hoe consumenten en bedrijven in staat kunnen worden gesteld om consequent duurzaam energiegedrag te vertonen en om beleid, technologieën en veranderingen in energiesystemen te ondersteunen. Ook levert dit begrip welke interventies effectief kunnen zijn in het stimuleren van duurzaam energiegedrag van verschillende actoren, en welke factoren hun effecten versterken.

De impact van bestaande samenwerkingen zou kunnen worden vergroot door nadrukkelijker technische, socio-psychologische, socio-economische, juridische, politiek-bestuurlijke, ethische, ruimtelijke en ecologische expertises te integreren, en deze alfa, bèta en gamma-expertises in te brengen in de projecten en consortia waar onderdelen ontbreken. Interdisciplinaire projecten hebben meer kans van slagen wanneer interdisciplinaire samenwerkingen al beginnen in de probleemformulering en planningsfase van een project, zodat de medewerkers het in een vroeg stadium eens zijn over basisbenaderingen, taken en programmacoördinatie.

Dit MMIP zoekt aansluiting bij de 'sleutelmethodeën', onderzoek naar strategieën, methoden en modellen die structuur geven aan de ontwikkeling van technologische innovaties in gewenste en breed gedragen oplossingen die aansluiten op waarden en



belangen van de maatschappij (burgers en bedrijven). Dit is vooral belangrijk bij het ontwerpen en implementeren van complexe systemen in een multi-stakeholder omgeving, omdat daar voor het welslagen een actieve betrokkenheid van eindgebruikers vereist is. Voor de invulling hiervan wordt nadrukkelijk samenwerking gezocht met gedragswetenschappers (experts op gebied van sociale en psychologisch-sociale aspecten), ontwerpers, marketeers en de creatieve industrie.

Learning communities

Een *learning community*-aanpak biedt mogelijkheid tot verdieping en verbreding. Stadslabs, *fieldlabs*, *hotspots* en dergelijke, waarin verschillende aspecten van de energietransitie concreet en integraal aan bod komen, kunnen helpen om het grote abstracte probleem van een snelle nationale of zelfs mondiale transitie hanteerbaar en inzichtelijk te maken, en om oplossingen te genereren die effectief en acceptabel zijn. In zo'n omgeving worden bewoners en eigenaren, als belangrijke succesfactor van de energietransitie, beter betrokken. Het inrichten van een experimentele, lerende omgeving met aandacht voor het proces is van groot belang; het moet meer zijn dan een eenvoudige 'pilotlocatie'. Voor het effectief functioneren van deze labs is het nodig dat zij toegang hebben tot de relevante expertise om de effectiviteit en aanvaardbaarheid ook echt te kunnen toetsen. Kennisinstellingen spelen een belangrijke rol om een dergelijke lerende omgeving te creëren. In een lerende aanpak en met een hechte samenwerking van bedrijven, werkenden, overheid en de brede onderwijskolom, wordt de ontwikkeling van vaardigheden, technologieën en werkprocessen verbonden.

Digitalisering

Stimuleren ontwikkelingen in het open domein

In het verleden is een groot aantal systemen in privaat eigendom ontwikkeld. Een deel daarvan is niet commercieel ingezet doordat de systemen zijn verouderd of doordat de bedrijven ermee zijn opgehouden of overgenomen. Om te voorkomen dat gemeenschappelijke investeringen verloren gaan, is het nodig om nieuwe ontwikkelingen in het open domein te stimuleren. Door ontwikkelde systemen toegankelijk te maken voor andere partijen, bijvoorbeeld door het ontsluiten van data via een API of het beschikbaar stellen van algoritmes voor gebruik en doorontwikkeling, wordt voortgebouwd op eerdere investeringen.

Het ligt voor de hand om ook voor nieuwe cofinanciering als voorwaarde te stellen dat de te ontwikkelen technologie zo veel mogelijk vrij beschikbaar komt voor partijen om op voort te bouwen. Deze ontwikkelingen vinden namelijk plaats binnen (inter)nationale referentiearchitecturen en zijn dus geen alleenstaande oplossingen.

Standaarden voor interoperabiliteit en referentiearchitecturen

Smart Energy oplossingen vereisen een nauwe samenwerking tussen verschillende partijen in de keten, zoals, netbeheerders, energiebedrijven en assetbeheerders. Door heldere interfaces te definiëren tussen actoren, apparaten en (software)programma's, wordt interoperabiliteit geborgd.



In de afgelopen jaren zijn enkele (de facto) standaarden ontwikkeld, zoals het framework USEF voor de markt voor flexibiliteit (USEF Foundation), het protocol OCPP voor het ontsluiten van flexibiliteit uit EV's, en het protocol EFI om flex devices virtueel te koppelen met een marktplaats naar keuze (Stichting Flexiblepower Alliance Network, FAN).³ Ontologieën zoals SAREF en EDSN bieden handvatten voor technisch interoperabele en gestandaardiseerde uitwisseling van data tussen zowel apparatuur als modellen.

Gebruik van open standaarden draagt bij aan de opschaling en herbruikbaarheid van resultaten. Het ligt voor de hand om ook voor nieuwe cofinanciering als voorwaarde te stellen dat er zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van open standaarden. Waar nodig, kan aangesloten worden bij de verschillende groepen die actief zijn op het gebied van standaardisatie. Op internationaal niveau is er bijvoorbeeld de IEC Systems Comité Smart Energy en CEN-CENELEC-ETSI Coördination Group Smart Energy Grids (CG-SEG). In Nederland heeft IPIN een werkgroep gestart in samenwerking met NEN en TNO, gericht op standaarden voor smart-grids. Resultaten en activiteiten van deze internationale werkgroepen worden door NEN naar de Nederlandse situatie vertaald. Vanuit NEN is ook een aantal commissies actief die zich specifiek richt op thema's zoals 'systeemaspecten van elektriciteitsvoorziening (NEC 08)', 'Power systems management and associated information exchange (NEC 57)'. De resultaten uit de bovengenoemde internationale werkgroepen worden daarin meegenomen.

Inclusieve en eerlijke data-infrastructuur

Toegang tot energiedata is belangrijk om slimme energiediensten te ontwikkelen en aan te bieden. De Algemene verordening gegevensbescherming (AVG) geeft kaders mee in welke mate data gedeeld kan en mag worden. De huidige dataverzameloede van partijen kan leiden tot excessen zoals oneigenlijk commercieel gebruik en het lekken van gevoelige gegevens. Om energiedata beschikbaar te maken, is een stelsel nodig waarin data vrij kunnen worden gedeeld, de data op een verantwoorde manier wordt gebruikt en waar de eigenaar de data in eigen beheer houdt. Nieuwe data-infrastructuren spelen daarbij een rol. Dergelijke stelsels zijn op meerdere plaatsen ontwikkeld en daar kunnen we gebruik van maken. Het kabinet publiceerde een visie op het delen van data hiervoor.

De waarde van data neemt snel toe wanneer een bedrijf meer data verzamelt en daar nuttige verbanden tussen legt. Met name IT-bedrijven kunnen uitgroeien tot (te) machtige spelers, omdat ze niet in fysieke apparaten hoeven te investeren, maar bijvoorbeeld wel een rol spelen in de besturing van andermans batterijen, verwarmingsinstallaties en het (ont-)laden van elektrische auto's. Het risico bestaat dat dergelijke spelers de macht hebben om de spelregels van het nieuwe systeem te bepalen zonder dat overheden of eindgebruikers daar iets aan kunnen doen. Het ontstaan van een eerlijke en open markt wordt echter gezien als de beste manier om participatie van gebruikers op de langere termijn te borgen.

³ De studie 'in-home energy-flexibility' door ElaadNL in opdracht van RVO en TKI Urban Energy geeft een goed overzicht over de huidige kennis, inzicht en stand van zaken op het vlak van protocollen voor energieflexibiliteit.



Veiligheid

De oplossingen uit MMIP 5 dragen bij aan de leveringszekerheid van het elektriciteitssysteem. Gezien de hoge afhankelijkheid van elektriciteit voor dagelijkse activiteiten van burgers en bedrijven, leidt een hogere leveringszekerheid tot een veiligere samenleving. Innovatie-oplossingen, zowel fysiek als virtueel, brengen echter ook nieuwe risico's met zich mee. Veiligheid dient derhalve geen sluitpost te zijn maar een integraal onderdeel van het ontwerp van energiesystemen.

Cybersecurity

Alles wat we digitaliseren maken we daarmee ook kwetsbaar. Het groeiend aantal met internet verbonden energie-assets zoals omvormers van zonnepanelen, warmtepompen en elektrische auto's, vraagt om extra aandacht voor cybersecurity. *Cybersecurity by design* zou de standaard moeten zijn in nieuwe technologieontwikkelingen. Met zo'n aanpak worden mogelijke kwetsbaarheden vroegtijdig geanalyseerd en beoordeeld. Ook is er aandacht nodig voor de ontwikkeling van slimme energiediensten die niet afhankelijk zijn externe aansturing en stand-alone kunnen opereren, bijvoorbeeld op basis van *droop control*, en waarbij ook geen externe verwerking van data nodig is.

Daarnaast is continue aandacht nodig voor nieuwe initiatieven die de weerbaarheid van de energiesector vergroten als er verstoringen zijn. Verder moet de bedrijfsvoering van netbeheerders en partijen op de energiemarkt beschermd worden tegen cyberaanvallen zodat de energie-infrastructuur en van de energiemarkten goed blijft functioneren.

Elektrische veiligheid

De elektrificatie van de gebouwde omgeving verandert de wijze waarop ons elektriciteitssysteem is georganiseerd. Het is van belang om oog te blijven houden voor de elektrische veiligheid, zowel voor de aangeslotenen als de installateurs die moeten werken met deze systemen. Het huidige wisselspanningsnet is beveiligd voor uni-directionele stromen. Met de opkomst van decentrale opwek van bijvoorbeeld zon-PV en bidirectionele laadinfrastructuur is het nodig om de netten op andere wijze te beveiligen.

Omgevingsveiligheid

Elektrotechnische innovaties kunnen – net als bestaande elektrotechnische producten en systemen – risico's met zich meebrengen. Daarmee hebben de innovaties binnen MMIP 5 invloed op de omgevingsveiligheid. Denk aan of brand- en explosiegevaar bij (overbelasting van) opslagsystemen, en kortsluitingsgevaar en lekstromen bij toepassing van gelijkspanningstechnologie. Lekstromen kunnen bij gelijkstroom meer problemen opleveren, waardoor mogelijk corrosie in de wapening van beton (betonrot) kan optreden. Bijvoorbeeld bij parkeergarages met een DC-net, kan dit ongezien zeer gevaarlijke situaties opleveren.



Human Capital

Tekort aan vakmensen met de juiste vaardigheden

De beschikbaarheid van goed opgeleide vakmensen wordt een knelpunt. Netbeheerders kunnen bijvoorbeeld de gevraagde netverzwaringen nu al moeilijk op tijd realiseren. Derhalve is behoefte aan innovatieve oplossingen die geen excessief hoge inzet vraagt van vakmensen, of die juist de inzet van vakmensen kan voorkomen of verminderen.

Nieuwe oplossingen vereisen nieuwe competenties

Kennis van verschillende disciplines bij deze vakmensen wordt steeds belangrijker. De branchevereniging Techniek Nederland ziet grote uitdagingen voor expertises in digitalisering en elektrotechniek. Integrale oplossingen vereisen een combinatie van fysieke apparaten en virtuele verbindingen. Daardoor ontstaat bijvoorbeeld behoefte aan installateurs die ook iets snappen van ICT. Energietransitie is niet alleen een technische maar ook een maatschappelijke uitdaging. Er zijn tevens professionals nodig die maatschappelijke aspecten (gedrag, motivatie, juridische aspecten, etc.) kennen en kunnen integreren in de ontwikkeling van energietransitie. Brede opleidingen, waarbij wordt samengewerkt tussen verschillende studies en kennisdomeinen, zijn belangrijk.

De blijvende aansluiting met de Centres of Expertise (CoE) en Centra voor Innovatief Vakmanschap (CIV), zijn nodig om ervoor te zorgen dat er voldoende gekwalificeerde vakmensen zijn in de toekomst. Relevante Centres of Expertise zijn onder andere het CoE Smart Sustainable Cities, SEECE, RDM CoE, Terra Technica en het Cleantech Center. Enkele CIV's en RIF's voor de gebouwde omgeving zijn de CIV Eemsdelta, CIV EMT Oost, CIV Energie en Opleidingscampus Technische Installaties Amsterdam.

Het hbo gaat, via het lectorenplatform Urban Energy, opleidingen meer verbinden met energie-innovaties en studenten trainen om vanuit hun technische expertise naar de bredere context te kijken. Zo spelen de hogescholen een belangrijke en actieve rol bij het overdragen van kennis aan het bedrijfsleven. Zie ook de 'Oriënterende verkenning Human Capital Urban Energy' (2017).

Onderwijs dat bijdraagt aan kennis- en innovatiespreiding

Het onderwijs kan ook zorgen voor innovatiespreiding, bijvoorbeeld doordat meer mensen in aanraking komen met nieuwe technieken. Het is afgelopen jaren gelukt om naast universiteiten het hbo bij projecten te betrekken. De huidige regionale kennisinfrastructuur van de hogescholen speelt al een rol in het verspreiden van kennis en in het brengen van nieuwe inzichten en gekwalificeerd personeel bij het mkb en grootbedrijf. Deze regionale structuren moeten deze rol op het gebied van valorisatie en disseminatie blijven vervullen.



4 Opzet van het innovatieprogramma

Missiegedreven, meerjarige aanpak

De Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma's (MMIP's) en daaruit voortvloeiende innovaties zijn een middel om de opgaven uit het Klimaatakkoord en de geformuleerde missies op termijn te realiseren.

Missiegedreven innovatiebeleid richt zich op het aanpakken van maatschappelijke uitdagingen en het benutten van de economische kansen die deze met zich meebrengen. In dit programma worden kennis- en innovatievraagstukken benoemd, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen ontwikkeling in drie verschillende fases, die corresponderen met verschillende *technology readiness levels* (TRL's):

Funderend & toegepast onderzoek en innovatie vragen om een uitgebalanceerde combinatie van publieke en private financiering en om een geschikt stimuleringsinstrumentarium.

- 1 Onderzoek (TRL 1-4)
- 2 Ontwikkeling (TRL 4-7)
- 3 Demonstratie en implementatie (TRL 7-9)

Om de (tussen)doelen uit het Klimaatakkoord voor 2030 te realiseren, moeten de innovaties vooral voortborduren op oplossingen die al voorbij de laagste TRL's zijn. Ook is het belangrijk om een noodzakelijke basis te leggen voor de missie voor 2050 (een CO₂-vrije gebouwde omgeving) door te werken aan kennis en innovaties op lagere TRL-niveaus. De verschillende kennis- en innovatievraagstukken zijn gekozen vanwege hun beoogde impact op het bereiken van de missie. Het programma laat ook ruimte voor disruptieve ontwikkelingen en onderzoek naar het potentiële effect van nieuwe ontwikkelingen waarvan de impact nog onbekend is. Daarnaast is er een aantal niet-technologische thema's waar ontwikkeling nodig is. Deze doorsnijdende thema's zijn niet te vatten in een TRL-fase.

Door de sterke groei van decentrale energiebronnen en elektrificatie van de gebouwde omgeving, worden de oplossingen uit MMIP 5 steeds relevanter. Als decentrale energiebronnen en elektrificatie van de gebouwde omgeving steeds sneller groeien, dan worden de desbetreffende oplossingen uit MMIP 5 essentieel om het lokale elektriciteitssysteem betrouwbaar, betaalbaar en maatschappelijk gedragen te houden. Maar als de oplossingen vanuit MMIP 5 niet tijdig worden gerealiseerd, dan kan dit een belemmering zijn voor het slagen van de andere MMIP's in de Gebouwde Omgeving (MMIP 2-4).



Instrumenten en financiering

Het MMIP is geen subsidieregeling en heeft geen eigen budget. Verschillende subsidieregelingen leveren gezamenlijk een bijdrage aan het MMIP door innovaties in een deel van de innovatieketen een stapje verder te helpen. Om de missie van dit MMIP te realiseren, wordt gebruik gemaakt van een breed scala aan instrumenten en activiteiten, namelijk:

- a Financiële middelen en instrumenten voor consortia en MKB innovatoren;
- b Kennisdeling; door middel van o.a. kennisdossiers, whitepapers en evenementen
- c Deelnemen en initiëren van overlegstructuren op het vlak van normering, certificering en standaarden;
- d Signaleren en analyseren van belemmeringen en knelpunten qua wet- en regelgeving.

Daarbij hoort ook een gebalanceerde inzet van financiële middelen over de gehele innovatieketen, van funderend en toegepast onderzoek tot pilots en demo's.

De volgende instrumenten zijn met name relevant zijn voor het bereiken van de missie⁴:

- 1 Onderzoeken (TRL 1-4): Kennis- en Innovatieconvenant (KIC), Open competitie middelen NWO, PPS-fonds en de Nationale Wetenschapsagenda (NWA). Deze instrumenten richten zich met name op fundamenteel onderzoek en industrieel onderzoek. Voor investeringen die benodigd zijn voor onderzoek is het instrument Investerings NWO-Groot relevant.
- 2 Ontwikkelen (TRL 4-7): 'Vrije' middelen van TNO (SMO middelen), de MOOI-regeling, de Urban Energy-subsidieregeling van de Topsector Energie, de Hernieuwbare Energietransitie (HER+) en het PPS-toeslag instrument. Deze instrumenten richten zich met name op industrieel onderzoek, experimentele ontwikkeling en het uitvoeren van pilots.
- 3 Demonstreren en implementeren (TRL 7-9): Hernieuwbare Energietransitie (HER+), diverse categorieën van de Demonstratie Energie- en Klimaatinnovatie (DEI+). Deze instrumenten richten zich met name op experimentele ontwikkeling en het uitvoeren van pilots en demonstratieprojecten.

De instrumenten vallen onder auspiciën van verschillende organisaties (het ministerie van EZK, RVO, TKI, TNO en NWO).

Huidige budgetten (2020)

Onderstaande tabel toont een beschrijving van het huidige publieke budget, met een totaal van € 123,6 miljoen dat wordt ingezet ten behoeve van MMIP 2 tot en met 5. Het budget is uitgesplitst naar verschillende instrumenten en TRL-niveaus en is (uitgedrukt in miljoenen euro's):

⁴ Sommige instrumenten richten zich op een breder domein dan alleen de gebouwde omgeving of zelfs de energiesector.



| GO 2020 (publiek) (per jaar) | NWO* | TNO | Topsector Energie (RVO, TKI Urban Energy) | | | | | | | | TOTAAL |
|------------------------------|-------------|-------------|---|------------|------------|---------------------------------------|------------|-------------|------------------|------------|--------------|
| | Diversen | Diversen | MOOI | PPS | TSE GO | DEI+ energie-innovatie en efficiëntie | DEI+ flex | DEI+ ruimte | DEI+ aardgasloos | HER | |
| TRL 1-4 | 14,0 | | | | | | | | | | 14,0 |
| TRL 4-7 | | 13,3 | 63,4 | 2,2 | 2,9 | | | | | 1,7 | 83,5 |
| TRL 7-9 | | | | | | 13,3 | 8,7 | 0,5 | 3,6 | 0,0 | 26,1 |
| | 14,0 | 13,3 | 63,4 | 2,2 | 2,9 | 13,3 | 8,7 | 0,5 | 3,6 | 1,7 | 123,6 |

De inschatting van NWO-middelen is een gebaseerd op de middelen die in vorige KICs beschikbaar waren en die in voorgaande jaren zijn ingezet voor projecten op het GO-domein. Beschikbare middelen bestaan o.a. uit NWA (108 miljoen in 2019), KIC (100 miljoen in 2019), open competitie (127 miljoen), Zwaartekracht (115 miljoen voor 2018-2019).

Rekening houdend met verschillende maximum subsidiepercentages en private cofinancieringseisen, is een schatting gemaakt van de jaarlijkse totale projectomvang voor het 'Urban Energy' domein in 2020 (inclusief de ontwikkeling van zonne-energie, maar exclusief windenergie). Deze bedraagt ongeveer €244 miljoen in totaal.

| GO 2020 (totaal) (per jaar) | NWO | TNO | Topsector Energie (RVO, TKI Urban Energy) | | | | | | | | TOTAAL |
|-----------------------------|-------------|-------------|---|------------|------------|---------------------------------------|-------------|-------------|------------------|------------|--------------|
| | Diversen | Diversen | MOOI | PPS | TSE GO | DEI+ energie-innovatie en efficiëntie | DEI+ flex | DEI+ ruimte | DEI+ aardgasloos | HER | |
| TRL 1-4 | 14,0 | | | | | | | | | | 14,0 |
| TRL 4-7 | | 14,5 | 100,0 | 3,3 | 4,4 | | | | | 3,4 | 125,6 |
| TRL 7-9 | | | | | | 53,2 | 34,8 | 2,0 | 14,4 | 0,0 | 104,4 |
| | 14,0 | 14,5 | 100,0 | 3,3 | 4,4 | 53,2 | 34,8 | 2,0 | 14,4 | 3,4 | 244,0 |

Publiek / privaat: DEI+: 25%/75%, HER: 50%/50%, PPS en TSE GO: 66%/33%, TNO: 90% /10%, NWO: 100% publiek

Europese en regionale budgetten (zoals Horizon 2020, ERA-net, INTERREG) en de MIT-regeling zijn in deze opzet buiten beschouwing gelaten, maar dragen vanzelfsprekend ook bij aan de missie van de MMIP's. Het is wenselijk om het organiserend vermogen van de verschillende MMIP's ook op deze instrumenten te richten.

Beschikbare budgetten (2021-2024)

In de tweede helft het jaar wordt de allocatie van publieke middelen aan de innovatieprogramma's vastgesteld voor het daaropvolgende jaar, op basis van de ambities die in het Klimaatakkoord en de daarvan afgeleide IKIA zijn geformuleerd. De allocatie wordt vastgelegd in het Kennis- en Innovatie Convenant (KIC). De middelen worden ingezet voor onderzoek, innovatieontwikkeling en pilots en demonstraties.



Hierbij wordt rekening gehouden met de toegenomen investeringsbereidheid van marktpartijen.

Nauw betrokkenen bij de MMIP's hebben jaarlijks de beschikking over een 'eigen' onderzoeksbudget. Door middel van korte studies of onderzoeken kunnen ze snel en gericht ondersteuning bieden aan de programmavoorstellen die door marktpartijen worden ingediend.

Er wordt ook instrumentarium ontwikkeld om de energietransitie te versnellen en de markt vraag te stimuleren. Denk bijvoorbeeld aan de 'Startmotor' of de Renovatieversneller waarin corporatiebezit gebundeld wordt aangeboden aan marktpartijen. Een ander voorbeeld is het door TKI Urban Energy en CLICKNL geïnitieerde programma Uptempo!, waarin op gestructureerde wijze aanbiedende en vragende partijen met elkaar worden verbonden. De ervaringen die in dit programma worden opgedaan zullen vervolgens in het proces van opschaling van de energietransitie worden ingezet.

Het is de bedoeling dat de innovatieagenda's van NWO en TNO waar mogelijk op elkaar worden afgestemd ten behoeve van impactverhoging.

Benodigd budget voor bereiken versnelling (2022-2025)

Om de doelen van het MMIP te bereiken is een goede synergie nodig tussen de verschillende subsidie-instrumenten. Voor het realiseren van de (tussen)doelen voor 2030 uit het Klimaatakkoord zullen vooral de kennis en innovaties benut moeten worden die al voorbij de laagste TRL's zijn. We zien dat in 2020 bij een aantal subsidieregelingen de beschikbare budgetten zijn overvraagd.

- In februari 2020 opende de MOOI-regeling waarbij €27 mln subsidie beschikbaar werd gesteld voor de gebouwde omgeving en €10,9 mln subsidie beschikbaar werd gesteld voor hernieuwbare elektriciteit op land. Op Prinsjesdag 2020 werd bekend dat het budget voor de gebouwde omgeving verruimd werd tot €57 mln. Uiteindelijk zijn er 87 vooraanmeldingen geweest voor de MOOI regeling en hebben 40 consortia een definitieve subsidieaanvraag ingediend. Hiervan zijn 16 projecten gehonoreerd. Daarnaast waren er vier projecten met een positieve beoordeling, maar deze vier projecten zijn afgewezen op basis van beschikbaar budget. Grofweg had er dus 25% extra subsidie aan innovatieprojecten besteed kunnen worden, die significant hadden bijgedragen aan missie B.
- Voor de TSE GO was een bedrag van €2,7 mln beschikbaar, waarvoor er 10 projecten zijn gehonoreerd. Er waren 32 aanmeldingen die voor €10,4 mln hebben ingediend.
- Voor de PPS-toeslag 2020 zijn 14 projecten gehonoreerd die niet-concurrerend hebben ingediend. Vanaf 2021 worden alle PPS-voorstellen in concurrentie ingediend. Dit heeft in PPS-toeslag 2021 ertoe geleid dat 28 voorstellen zijn ingediend met een gemiddeld budget van €310.000, terwijl het beschikbare budget €3,6 mln is voor 2021. Dit betekent dat 11 á 12 voorstellen gehonoreerd kunnen worden.



In 2021 zal minder innovatiebudget beschikbaar zijn dan in 2020. In 2022 is juist weer een hoger beschikbaar innovatiebudget te verwachten, mits de MOOI-regeling en TSE GO doorgaan zoals verwacht. Daarmee is het jaarlijks beschikbare subsidiebudget sterk fluctuerend voor indieners, wat kan leiden tot vertraging voor het beschikbaar komen van innovatieve oplossingen in de markt. Met name het ontbreken van de TSE GO in 2021 zorgt voor een gebrek aan stimulering voor gerichte innovatie door mkb. Daarnaast zien we met de MOOI regeling dat de nadruk van de innovatieregelingen meer richting de hogere TRL's is opgeschoven. Dit veroorzaakt in de praktijk een gat tussen beschikbare budgetten tussen innovatieprojecten in de lagere TRL's en innovatieprojecten in de hogere TRL's. Dit werkt remmend voor de doorontwikkeling van innovaties die vanuit de meer fundamentele onderzoeksprojecten gestart zijn.

Dit pleit ervoor om elk jaar de MOOI en TSE GO regelingen open te stellen voor innovatieve consortia. Hiermee kunnen onderzoekers en bedrijven meer gelijkmatig werken aan innovaties wat ook de snelheid van de ontwikkeling ten goede zal komen.

Monitoring & Evaluatie

Het ontwikkelen van innovaties is geen lineair proces. Het is nodig om te toetsen of ontwikkelde oplossingen afdoende beantwoorden aan het bereiken van de missie. Bovendien kunnen ontwikkelde innovaties tegelijkertijd weer leiden tot nieuwe uitdagingen. Daarnaast speelt wet- en regelgeving een rol; deze bepalen de richting en snelheid waarmee oplossingen worden ontwikkeld. Door kaders aan te passen of juist gelijk te houden, kan de behoefte aan bepaalde oplossingen veranderen.

Monitoring en effectmeting zijn voor het welslagen van het missiegedreven innovatiebeleid van groot belang. We zullen communiceren hoe men de effecten meet en doelen denkt te realiseren, zodat consortia hier in de uitvoering rekening mee kunnen houden. Door het dynamische karakter van het MMIP zal er behoefte zijn aan herijking en bijstelling van het programma. Hierbij is een balans nodig tussen langjarig commitment en flexibele bijsturing. Lessen vanuit innoverende consortia, onderzoek naar de effectiviteit van de ontwikkelde innovaties, ontwikkelingen in de markt en (mogelijke) aanpassing van belemmerende wet- en regelgeving zullen de ingrediënten aanreiken voor dit iteratieve proces.

Per deelprogramma worden de belangrijkste innovatiethema's beschreven en Key Performance Indicators (KPI's) bepaald. Deze KPI's, afgeleid van de missies uit het klimaatakkoord en de daaruit afgeleide missies voor dit MMIP, vormen de basis om periodiek een deelprogramma te evalueren en de voortgang te monitoren. Speciaal hiervoor wordt een Innovatie Monitoring Unit opgericht die de hiervoor benodigde tools en methodieken ontwikkelt zodat de voortgang onafhankelijk kan worden getoetst. Deze Monitoring Unit voert de toetsing ook daadwerkelijk uit en doet aanbevelingen om de uitvoering van het MMIP te verbeteren. Implementatie van de aanbevelingen is aan het team dat verantwoordelijk is voor het MMIP-programmamangement.



Communicatie, leren en disseminatie

Resultaten uit de innovatieprojecten worden actief gedeeld via uitgebreide rapportages, publieke samenvattingen, presentaties tijdens bijeenkomsten, afstemming met en leren van andere MMIP's en meer. Het streven is om interactie tussen verschillende innovatoren op gang te brengen, waarbij de overheid en de markt expliciet worden betrokken om kennis te nemen van de nieuwste ontwikkelingen. Dat geeft een versnelling aan het realiseren, inbedden en vermarkten van de ontwikkelde innovaties.

Bij het opstellen van programmavoorstellen kan van de volgende informatie over projecten en innovaties gebruik gemaakt worden:

- De projectencatalogus⁵ voor de verschillende programmalijnen van TKI Urban Energy.
- TKI Urban Energy biedt een projecten app aan, te downloaden via de App Store of Google Play Store (zoeken op 'TKI Urban Energy'). De app is ook bereikbaar via de projectendatabase⁶ op de website van TKI Urban Energy.
- De kennisdossiers⁷ van TKI Urban Energy.

Qua valorisatie wordt voortgebouwd op de activiteiten die reeds lopen in de Topsectoren (zoals het stimuleren van *start-ups*, kennisverspreiding naar het MKB en human capital). Voor verdere versnelling op het gebied van valorisatie zal vanuit de Topsector Energie meer aandacht worden besteed aan private financieringsmogelijkheden (via een masterclass financiering, een *investors day* en een loketfunctie voor financieringsvraagstukken). Aandacht voor andere financieringsroutes is essentieel om bedrijven in staat te stellen te innoveren. Subsidies kunnen namelijk nooit de volledige financieringsbehoefte van innovatieve bedrijven dekken, doordat niet alle bedrijfsuitgaven subsidiabel zijn en doordat subsidies nooit de volledige gemaakte kosten dekken; er wordt altijd een *in-kind* of *in-cash* bijdrage gevraagd.

Het in 2019 gestarte programma Uptempo! is relevant voor innovaties in de gebouwde omgeving. Dit programma beoogt om de ontwikkelde energieoplossingen uit de innovatieprogramma's te verbinden aan vragende partijen zoals gemeentes, woningcorporaties, gebouweigenaren en particuliere woningeigenaren. Bijkomend voordeel van die vraagbundeling is dat de partijen zo innovatieverspreiding en -opscaling ondersteunen.

Standaardisatie, normering, en certificering

Standaardisatie draagt bij aan de impact van innovaties. Binnen dit MMIP wordt voorzien in een integrale aanpak voor standaardisatie ten dienste van onderzoek, ontwikkeling en innovatie. Dit richt zich op alle fasen van innovatie: van projectidee, uitvoering en evaluatie tot disseminatie. Deze samenhang tussen innovatieprojecten en (internationale) standaardisatie is weergegeven in de onderstaande figuur. Oog voor standaardisatie is belangrijk voor projecten binnen dit MMIP.

⁵ Zie <https://www.topsectorenergie.nl/tki-urban-energy/tki-urban-energy-projecten>

⁶ Zie <https://www.topsectorenergie.nl/tki-urban-energy/tki-urban-energy-projecten>

⁷ Zie <https://www.topsectorenergie.nl/tki-urban-energy/kennisdossiers>





Valorisatie, marktcreatie en wettelijke kaders

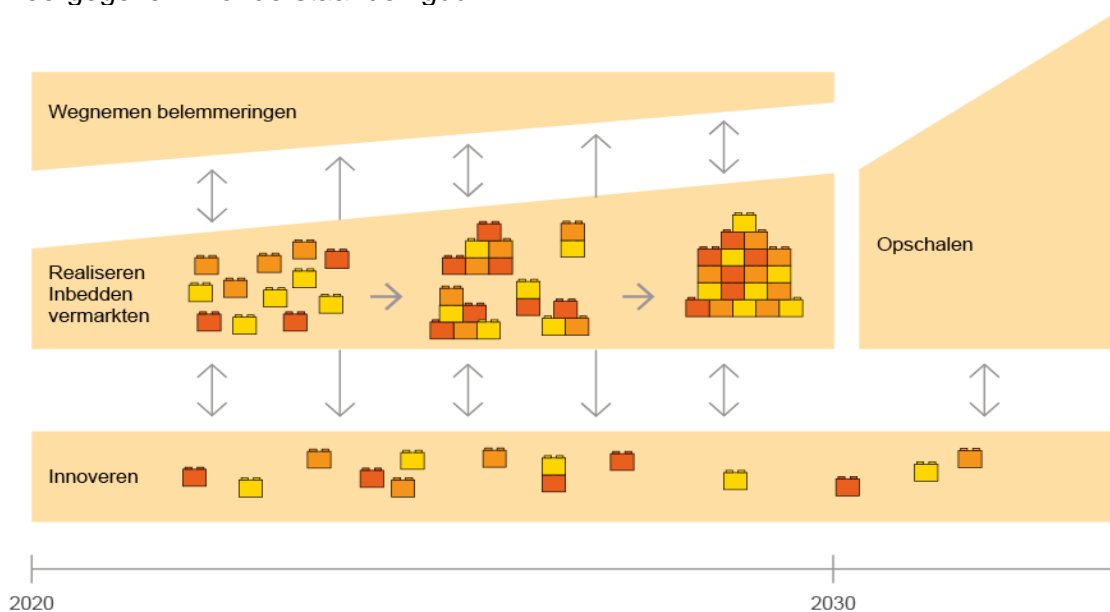
Vanwege het missiegedreven karakter van dit MMIP is het van belang om ook aandacht te besteden aan valorisatie (aanbodstimulering) en marktcreatie (vraagstimulering). Missies worden immers pas gerealiseerd als innovaties toegepast worden, want dan ontstaat economische en maatschappelijke waarde. Voor valorisatie worden vier sporen geïdentificeerd: het stimuleren van startups, het ontwikkelen van kennis richting marktintroductie (testen, demonstreren, valideren, implementeren), het verspreiden van nieuwe kennis en de ontwikkeling van menselijk kapitaal. Voor marktcreatie worden ook vier sporen voorgesteld: het aankoopbeleid van de overheid, financiële en fiscale prikkels, regelgeving en normering en gedragsbeïnvloeding.

Qua valorisatie wordt voortgebouwd op activiteiten die reeds lopen in de topsectoren. TKI's zullen blijvend kennisverspreiding blijven organiseren. Voor een versnelling op het gebied van valorisatie zal de Topsector Energie ook meer aandacht geven aan private financieringsmogelijkheden om bedrijven in staat te stellen om meer en sneller te innoveren.

Er is daarvoor adaptieve houding nodig bij de uitvoering van dit innovatieprogramma, waarbij er een samenspel plaatsvindt tussen (1) innovatie, (2) het realiseren, inbedden



en vermarkten en (3) het wegnemen van belemmeringen. Dit is schematisch weergegeven in onderstaande figuur.



Projectvoorstellen moeten inzichtelijk en aannemelijk maken hoe hun oplossingen bijdragen aan het bereiken van de MMIP-missies. Binnen de verschillende instrumenten wordt gezocht naar consortia die expliciet aandacht hebben voor relevante ontwikkelingen in de markt en veranderingen van wettelijke kaders. Van grotere consortia en voorstellen, met name bij de MOOI-regeling, wordt verwacht dat zij een transitiepad schetsen voor verdere uitrol van hun resultaten, met aandacht voor markt en wettelijke kaders.

Consortia die actief zijn binnen dit MMIP worden tevens betrokken bij het signaleren en analyseren van belemmeringen en knelpunten qua wet- en regelgeving. Daarmee organiseren we structurele input waarmee we aansluiting zoeken bij de verschillende gremia die zich richten op (het maken van voorstellen voor) de aanpassing van wettelijke kaders. Er wordt gestreefd naar een actieve dialoog met de ministeries van EZK, BZK en I&W om oplossingen te vinden om deze belemmeringen en knelpunten weg te nemen.

Samenwerking in regionale en internationale context

De regio vormt in veel gevallen het startpunt voor innovatie, omdat bedrijven, kennisinstellingen, overheden en burgers juist op regionale schaal met elkaar samenwerken. Zo beschikken provincies en Regionale Ontwikkelmaatschappijen (ROM's) over kennis en instrumenten op het gebied van financiering, business development, cluster- en ecosysteemontwikkeling en (internationale) marktvalidatie. Ook zijn er in de regio's al talloze start-upnetwerken, innovatieclusters en ecosystemen waarbij projecten kunnen aansluiten. Daarom vormt regionale samenwerking een belangrijke basis voor het missiegedreven kennis- en innovatiebeleid.

Er zijn diverse landen waarmee op dit moment relaties bestaan of worden opgebouwd als het gaat om fundamenteel en toegepast onderzoek en productontwikkeling.



Belangrijke partners voor kennisinstellingen, bedrijven en overheden binnen Europa zitten onder meer in Duitsland, het Verenigd Koninkrijk, België, Frankrijk, Noorwegen, Denemarken, Zwitserland en Oostenrijk. Het is vooral belangrijk dat deze samenwerkingsverbanden meer structureel vorm krijgen. Veel internationale congressen zijn technologie-georiënteerd (innovatieve producten). Het zou een buitenkans zijn om de procesmatige kant en industriële aanpak waar MMIP 3 zich op richt daar over het voetlicht te brengen. Er is meer grensoverschrijdende afstemming en kennisindeling nodig, met als doel om wederzijdse meerjarige programma's op te stellen over de ontwikkeling van renovatieconcepten, industrialisatie en digitalisering in de bouw en bijvoorbeeld ook over wederzijds leren over wijkgerichte aanpakken. Ook zouden we gezamenlijk kunnen inzetten op EU-programma's. Er zijn ook veelbelovende samenwerkingsverbanden met partijen buiten Europa die verder uitgebreid kunnen worden, bijvoorbeeld in *Mission Innovation*-verband. Zo zijn er bijvoorbeeld kansen op het gebied van kunstmatige intelligentie. Bij de Verenigde Staten en China zouden we meer kennis kunnen ophalen. Het grootste exportpotentieel van ontwikkelde diensten en producten lijkt vooralsnog in buurlanden te liggen zoals Duitsland, het Verenigd Koninkrijk en België.



5 Colofon

Dit Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma is onder verantwoordelijkheid van TKI Urban Energy tot stand gekomen. Bij vragen over het document of indien een toelichting wordt gevraagd, kan contact worden opgenomen met Maarten de Vries, programmamanager Smart Energy systems (06-16836490 en maarten@tki-urbanenergy.nl).

Elk jaar worden innovatieprojecten afgerond, worden nieuwe projecten opgestart, worden projectconsortia bezocht of nader bestudeerd en worden er onderzoekopdrachten opgeleverd. De hiermee opgedane kennis en inzichten geven in meer of mindere mate aanleiding tot herziening van de innovatieprogramma's. Het proces van terugblikken, analyseren en het herzien van innovatieprogramma's is een continu proces dat door TKI Urban Energy wordt uitgevoerd onder de noemer 'permanente portfolioanalyse'.⁸

In nauwe samenwerking met RVO is in 2020 de cyclus van de portfolioanalyse (inclusief data- en informatieverzameling) voor het eerst volledig doorlopen. In samenwerking met de Programma Adviescolleges (PAC) zijn er van elk MMIP herziene versies tot stand gekomen. De herziene versies zijn mede namens de voorzitters van de PAC's voorgelegd aan het Missie Innovatieteam Gebouwde Omgeving. Het MI-team heeft de herziene versies in september 2020 vastgesteld. De herziene MMIP's staan (wederom) aan de basis van innovatieregelingen voor de gebouwde omgeving.

Het Programma Advies College, verantwoordelijk voor aanscherping en actualisatie van het innovatieprogramma, bestaat momenteel uit:

| | |
|-------------------------------|--|
| Tijs Wilbrink (voorzitter) | Topsector Energie |
| Brendan de Graaf | Lyv |
| Erik ten Elshof | Ministerie van Economische Zaken & Klimaat |
| Marc Londo/Emmy Post | Nederlandse Vereniging Duurzame Energie |
| Edwin Edelenbos | Netbeheer Nederland |
| Nicole Kerkhof-Damen | Rijksdienst voor Ondernemend Nederland |
| Olivier Ongkiehong | Rijksdienst voor Ondernemend Nederland |
| Linda Steg/Goda Perlaviciute | Rijksuniversiteit Groningen |
| Bob Ran | TNO |
| Johann Hurink | Universiteit Twente |
| Maarten de Vries (secretaris) | TKI Urban Energy |

Dit programma is in 2019 tot stand gekomen met de medewerking van een breed scala aan personen en organisaties vanuit het bedrijfsleven, kennisinstellingen, de overheid en verschillende brancheverenigingen. Het kernteam, verantwoordelijk voor de inhoudelijke keuzes, afbakening en totstandkoming van de eerste versie van het innovatieprogramma, bestond uit:

⁸ De methodiek van de permanente portfolioanalyse wordt nu ook voor en met de andere sub-TKI's van TKI Energie uitgewerkt en toegepast. Tevens wordt met RVO verbinding gelegd met de ministeries ten behoeve van de 'monitoring en effectmeting'.



| | |
|----------------------|--|
| Erik ten Elshof | Ministerie van Economische Zaken en Klimaat |
| Anne Boijmans | Ministerie van Economische Zaken en Klimaat |
| Jeroen van der Tang | Nederland ICT |
| Edwin Edelenbos | Netbeheer Nederland |
| Mark van Assem | NWO |
| Nicole Kerkhof-Damen | Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) |
| Olivier Ongkiehong | Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) |
| Johann Hurink | Universiteit Twente |
| Frits Verheij | TNO |
| Tijs Wilbrink | Topsector Energie (Digitalisering) |
| Maarten de Vries | TKI Urban Energy |

De volgende personen hebben een inhoudelijke bijdrage geleverd aan de totstandkoming van het innovatieprogramma:

| | |
|--------------------------|---|
| Harold Lever | Bouwend Nederland, vakgroep ONG |
| Freek van 't Ooster | ClickNL |
| Ivo Pothof | Deltares |
| Gerda Lenselink | Deltares |
| Lonneke Driessen-Mutters | ElaadNL |
| Rutger de Croon | ElaadNL |
| Arjan Wargers | Enexis, ElaadNL |
| Wouter Verduyn | Energie-Nederland |
| Stefan Olsthoorn | Energy Storage NL |
| Richard Beekhuis | FAN en TNO |
| Aart-Jan de Graaf | Hogeschool van Arnhem en Nijmegen en lectorenplatform LEVE |
| Marten van der Laan | ICT Group |
| Eelco van der Eijk | Ministerie van Economische Zaken en Klimaat |
| Herm van der Beek | Ministerie van Economische Zaken en Klimaat |
| Lennert Goemans | Ministerie van Economische Zaken en Klimaat |
| Mari van Dreumel | Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat |
| Frits Watjes | NEN |
| Jeannette Hofman-Zuter | NEN |
| Remco Perotti | NEN |
| Alienke Ramaker | NVDE |
| Marcel Hoek | NWO |
| Marlies van der Meent | NWO |
| Sandra de Keijzer | NWO |
| Linda Steg | Rijksuniversiteit Groningen |
| Thijs Bouman | Rijksuniversiteit Groningen |
| Jesper Juffermans | Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) |
| Joost Koch | Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) |
| John Hodemaekers | Stedin, USEF |
| Henk Visscher | Technische Universiteit Delft |
| Peter Palensky | Technische Universiteit Delft |
| Zofia Lukszo | Technische Universiteit Delft |



| | |
|----------------------|---|
| Han Slootweg | Technische Universiteit Eindhoven en Enexis |
| Laetitia Ouillet | Technische Universiteit Eindhoven, NERA |
| Wilbert Prinsen | Technolution |
| Frank Wiersma | TenneT |
| Harm Jeeninga | TNO |
| Huub Keizers | TNO |
| Suzanne Brunsting | TNO |
| John Post | Topsector Energie (Digitalisering) |
| Leonie van der Steen | Topsector Energie (MVI) |
| Jasper de Graaf | TKI Dinalog |
| Reinier Romein | Unie van Waterschappen |
| Martijn Groenleer | Universiteit Tilburg |
| John Grin | Universiteit van Amsterdam |
| Ron Hendriks | Van Beek Ingenieurs |

Daarnaast is er actief afstemming gezocht met verschillende coördinatoren en betrokken stakeholders van de overige twaalf MMIP's.



Bijlage 1 Overzicht stand van zaken

Start RD&D naar slimme elektriciteitsnetten

Er is al veel gebeurd op het gebied van slimme elektriciteitsnetten in termen van onderzoek, ontwikkeling, poging tot schaalvergroting en internationalisering. De ontwikkeling in Nederland blijft echter steken in een gebrek aan vraag naar flexibiliteit en de voor flexibiliteit benodigde smart energy en smart grid-producten. Naarmate de elektrificatie doorzet, zal de roep om flexibiliteitsoplossingen ook toenemen.

Vanaf 2000 is gewerkt aan slimme elektriciteitsnetten. Technologieën dienen nu te worden opgeschaald ten behoeve van duurzame opwek, congestiemanagement en flexibiliteit.

De eerste RD&D, vanaf 2000, richtte zich op slimme elektriciteitsnetten. Vanaf 2005 verbreedde het zich naar de markt, met oplossingen zoals PowerMatcher en TRIANA. Het doel was om het elektriciteitssysteem in balans te houden en congestie te voorkomen door elektriciteitsvraag en -aanbod niet te ver uiteen te laten lopen. Het Innovatieprogramma Intelligente Netten (IPIN) deed een oproep om hier wat aan te doen. Consumenten en bedrijven werden betrokken bij pilots. Een maatschappelijke kosten- en batenanalyse (MKBA) concludeerde in 2012 dat intelligente netten in diverse toekomstscenario's leiden tot lagere elektriciteitsprijzen voor consumenten en bedrijven. Virtuele infrastructuur en digitalisering werden belangrijk om de fysieke energievoorziening te koppelen met nieuwe diensten onder institutionele en sociale vernieuwing. 'Flexibiliteit' kreeg vorm, de potentiële vraag ernaar en de waarde ervan werden gekwalificeerd en gekwantificeerd (2017/2018: FLEXNET en rapport 'Flexibiliseringsmechanismen in relatie met saldering').

Nederland is in de afgelopen jaren aangesloten op een aantal *tasks* van de International Energy Agency (IEA) op het gebied van smart energy systems en de rol van de gebruiker hierin:

- IEA ISGAN⁹ om internationale samenwerking te verkennen en dit te vertalen in nationaal beleid, regelgeving en of subsidieprogramma's;
- IEA DSM¹⁰;
- IEA 4E¹¹ over elektrische apparatuur.

Brede verzameling stakeholders in innovatiesysteem

Op de thema's van MMIP5 is een brede verscheidenheid aan stakeholders actief: lokale overheid, netbeheerders, warmtebedrijven, (lokale) energieleveranciers, programmaverantwoordelijke partijen, (MKB-)bedrijven voor diensten en technologie, de IT-sector en kennisinstellingen. In dit nieuwe energiesysteem spelen consumenten

⁹ Zie <http://www.iea-isgan.org/>

¹⁰ Zie <http://www.ieadsm.org/>

¹¹ Zie <https://www.iea-4e.org/>



en andere belanghebbenden een steeds belangrijkere rol (als *prosumer*). Daarom zijn ook woningbezitters, woningbouwcorporaties, gebouweigenaren en -beheerders betrokken.

Wijdverspreide kennis en technologie

Er is nu een groot innovatie-ecosysteem (> 200 partijen) op het domein van MMIP 5. Grote bedrijven, mkb-bedrijven en kennisinstellingen zijn in aantal ongeveer gelijk verdeeld over projecten. En er zijn *communities* op deelonderwerpen zoals *Direct Current* (DC) en elektrisch vervoer. Er zijn 169 gesubsidieerde projecten gestart vanaf 2010 (zie figuur 5.1), en er zijn nu 60 eindrapporten gepubliceerd. De projecten zijn verspreid over TRL3 tot TRL8, gemiddeld TRL6.

| Programma | Innovatie Agenda Energie | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|-----------|------------|------------------|------|------|------|-------------|-----------|-----------|---------|--------|
| | Topsector Energie (TSE) | | | | | | | | | | | |
| | IPIN | TKI S2SG | TKI EnerGO | TKI Urban Energy | | | | PPS toeslag | DEI | HER | ERA-Net | Totaal |
| Start projecten in | 2011 | 2012-2014 | | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2013-2018 | 2014-2018 | 2016-2018 | | |
| Aantal gesubsidieerde projecten | 12 | 32 | 10 | 22 | 14 | 13 | 14 | 18 | 26 | 5 | 3 | 169 |
| Onderdeel: Flexibele energie Infrastructuur | 3 | 12 | 5 | 8 | 7 | 7 | 6 | 4 | 11 | 1 | 1 | 65 |
| Onderdeel: Energieregelsystemen en -diensten | 9 | 20 | 5 | 14 | 7 | 6 | 8 | 14 | 15 | 4 | 2 | 104 |

Figuur 5.1: aantal gesubsidieerde projecten vanaf 2011.

TKI Urban Energy en haar voorlopers hebben lessen uit deze projecten gebundeld in kennisdossiers, zoals [Het ontsluiten van Flexibiliteit in de Gebouwde Omgeving](#), [De Waarde van Flexibiliteit](#), [Innovaties op het vlak van energieflexibiliteit](#), [De \(on\)zin van blockchain](#) en [De ontwikkelingen van slimladen](#). Daarnaast is een aantal relevante publicaties opgeleverd, zoals de bundeling [Praktijkervaringen flexibiliteit ontsluiten](#), de handreiking [Smart Grid Ready Energy Storage](#), de handreiking [Cyber security for smart energy](#), het [Inspiratieboek Maatschappelijk Verantwoord Innoveren](#), de [Analyse lokale marktplaatsinitiatieven](#) en de studie [Flexibiliseringsmechanismen in relatie met saldering](#). Noemenswaardig is ook is de [Smart Charging Guide](#) van ElaadNL, die alle kennis rondom *Smart Charging* bundelt in één naslagwerk.

Van praktijkexperimenten naar grootschalige toepassing

Pilots en proeftuinen hebben aangetoond dat het mogelijk is om flexibiliteit bij consumenten en bedrijven te ontsluiten en te benutten op het niveau van een gebouw, wijk of bedrijventerrein. Er zijn inzichten ontwikkeld over vraagsturing en opslag en over de rol van de aggregator en van consumenten en bedrijven. Ook is er meer bekend geworden over de mogelijkheden en belemmeringen van wet- en regelgeving. En tenslotte is er meer inzicht in de activiteiten die de markt en netbeheerders wel of niet kunnen ontplooiën op het gebied van stabiliteit en kwaliteit van de lokale energievoorziening.



De schaal van de pilots is tot nu toe beperkt gebleven tot 250 woningen of een bedrijventerrein. Een enkel project richt zich op een grotere schaal tot 1.000 woningen, maar loopt tegen het probleem aan dat apparatuur, zoals *inverters* en *accu's*, beperkt leverbaar zijn en/of dat de business case onzeker is.

Smart Energy oplossingen vereisen een nauwe samenwerking tussen verschillende partijen in de keten, zoals, netbeheerders, energiebedrijven en assetbeheerders. Daarom krijgt het gebruik van standaarden in toenemende mate aandacht. Door heldere interfaces te definiëren tussen actoren en apparaten, wordt interoperabiliteit geborgd. Dat betekent dat het mogelijk wordt om gemakkelijk verschillende merken, typen en soorten apparaten (plug & play) gezamenlijk op te nemen in één regelcircuit en op een later moment te veranderen. Ook ontstaat bij eigenaren en gebruikers van deze assets de mogelijkheid om te wisselen tussen leveranciers van 'flexdiensten'. Zo wordt een lock-in situatie voorkomen en dragen standaarden bij aan de opschaling en herbruikbaarheid van resultaten.

In de afgelopen jaren zijn enkele (de facto) standaarden ontwikkeld, zoals het framework USEF voor de markt voor flexibiliteit (USEF Foundation), het protocol OCPP voor het ontsluiten van flexibiliteit uit EV's (initiatief vanuit ElaadNL, borging via Open Charge Alliance), en het protocol EFI om flex devices virtueel te koppelen met een marktplaats naar keuze (Stichting Flexiblepower Alliance Network, FAN).

Samenwerking met andere sectoren

Opslag en conversie zorgen ervoor dat infrastructuren verbonden worden en dat energie in verschillende energiedragers omgezet kan worden. Daarbij ontstaan steeds meer mogelijkheden om energiedragers op nieuwe manieren in te zetten. Deze koppeling tussen infrastructuur en sectoren geldt als kritische succesfactor voor de energietransitie. Warmte, elektriciteit en ook waterstof gaan steeds meer samen in projecten. Toepassing van warmtenetten voorkomt verzwaring van elektriciteitsnetten. Ook het aantal raakvlakken met andere sectoren neemt toe door elektrische voertuigen, glastuinbouw en (afval)water. Desondanks zijn integratie en raakvlakken een ontwikkeling die nog moet groeien. Door synergie te zoeken met (actoren binnen) andere beleidsdomeinen, zoals klimaatbestendigheid en sociale problematiek, kan synergie ontstaan bij het bereiken van verschillende doelen.

Commerciële toepassing nu nog beperkt

Door de beperkte waarde van (lokale) flexibiliteit voor bepaalde toepassingen is de commerciële toepassing van de technologieën achtergebleven. In Nederland is er nog altijd sprake van een grootschalige inzet van fossiele bronnen en een gering aandeel van duurzame productie. Mede door de aanwezige regelbare gas- en kolencentrales, hebben we een goedkope en betrouwbare elektriciteitsvoorziening met genoeg regelbare opwekking (flexibiliteit) via *day ahead*, *intra-day* en onbalansmarkten. Deze markten zijn van oudsher voorbehouden aan grotere spelers en richten zich alleen op onbalans op nationaal gebied. Vanwege deze marktkenmerken, maar ook vanwege het nog lage aandeel van (lokale) duurzame energieopwekking, was de urgentie voor



innovaties laag en loopt Nederland internationaal gezien niet voorop in implementatie. Door de recente versnelling van lokale duurzame opwek, vooral op plekken in het net die hier niet op berekend waren, wordt de vraag naar flexibiliteit echter luider en hebben de netbeheerders het instrument van congestiemanagement nodig om de stabiliteit van het net te handhaven. Marktpartijen wordt gevraagd om op afroep flexibiliteit te leveren door het verbruik op of af te schalen.

De afgelopen jaren werden veel (mkb-)bedrijven actief als deelnemer in projecten op het gebied van flexibele energie-infrastructuur en nieuwe energiediensten. Verschillende nieuwe bedrijven zijn opgestaan die flexibiliteit (al dan niet geaggregeerd uit kleine porties) ontsluiten of die bezitters van flexibiliteit helpen met een verdienmodel. Een aantal kleine bedrijven komt, ondanks de veelbelovende innovaties, in de problemen of wordt overgenomen. Met de RD&D op deelgebieden als digitalisering, DC en de inpassing van elektrisch rijden (EV) doet Nederland het internationaal gezien goed. De daadwerkelijke implementatie van flexibiliteit is echter beperkt doordat vraag uit en aanbod in de markt uitblijven. Wel loopt Nederland voorop in de toepassing van elektrische laadpalen en de ICT voor laaddiensten, mede door vroege stimulering van elektrisch rijden.



Bijlage 2 Omgevingsfactoren

Op basis van de zeven innovatiesysteemfuncties volgens Marko Hekkert (2007) volgt nu een analyse van het innovatiesysteem en het maatschappelijk, ruimtelijk, financieel en institutioneel speelveld. Dit diende als basis voor de uitwerking van de uitdagingen in dit MMIP en vormt tevens een leidraad voor de uitvoering van het MMIP.

1. Ondernemerschap

In andere landen ligt de waarde van flexibiliteit hoger en zijn er meer partijen actief met een brede variëteit aan oplossingen. De uitdaging is om innovaties naar grote schaal te brengen (TRL9). Ondanks de mooie RD&D resultaten lijkt Nederland tegen een internationale achterstand in lokale flexibiliteit op te lopen door beperkte markttoegang en achterblijvende vraag en aanbod. De salderingsregeling wordt afgebouwd. Ook wordt het 'verzwaren tenzij'-principe geïmplementeerd. De verwachting is dat ondernemers en hun financiers hierdoor meer bereid zullen zijn om te investeren in lijnen voor nieuwe producten en diensten.

De partners van innovatieprojecten rondom flexibiliteit geven aan dat zij graag commercieel met hun ontwikkeling door willen, maar dat een goede businesscase ontbreekt. In dit MMIP dient daarom aandacht besteed te worden aan verdienmodellen en financiële prikkels voor flexibiliteit. Oplossingen kunnen slechts effectief bijdragen aan een toekomstbestendig energiesysteem wanneer er voldoende (financiële) prikkels zijn. Het (gebrek aan) verdienmodel voor flexibiliteit is een belangrijk knelpunt, waarbij vaak gesteld wordt dat subsidies nodig zijn ter stimulering. Echter, uiteindelijk zal marktwerking moeten aantonen welke bronnen van flexibiliteit rendabel en dus concurrerend zijn. Dat wordt gezien als de enige route naar een gezonde basis voor opschaling.

Het thema 'flexibiliteit in de gebouwde omgeving' is een opkomend thema waarop in de afgelopen jaren diverse startups zijn opgestaan. De verwachting is dat meer en meer grotere bedrijven, zoals energieleveranciers, zich de komende jaren actiever gaan bewegen op dit thema, wat zal bijdragen aan opschaling en commerciële toepassing van oplossingen op het gebied van flexibiliteit.

2. Kennisontwikkeling

Diverse gesubsidieerde *proof-of-concept*-projecten zijn afgerond. Kennis voor schaalvergroting, integratie van energiedragers en crossovers moet verder worden ontwikkeld. Er wordt samengewerkt met de 'aardgasvrije wijken', een initiatief van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. Daardoor ontstaat synergie en worden investeringen optimaal benut. Door het vroegtijdig betrekken van bewoners worden deze woonwijken een 'living lab' waar innovatie rondom de inzet en de maatschappelijke acceptatie van nieuwe oplossingen. Samenwerking met de creatieve sector zorgt voor een schakel tussen *technology push* en *market pull*.

Samenwerkingen met de ICT-sector helpen om datagedreven oplossingen te realiseren en de transparantie te vergroten, en vormen zo een sterke driver voor deze missie. Het energiesysteem wordt steeds meer digitaal gestuurd met artificiële



intelligentie en *internet of things* (IoT). Dit biedt kansen voor de Nederlandse economie, maar de energiesector absorbeert de ontwikkelingen nog niet genoeg om met digitale oplossingen nieuw geld en intellectueel kapitaal naar Nederland te halen.

Eenzijds vraagt de Nederlandse markt om specifieke oplossingen voor Nederland (zoals het aardgasvrij-initiatief), maar daarnaast kan internationaal opgedane kennis een rol spelen om Nederlandse innovatie te versnellen. De wens bestaat om (meer) samen te werken met toonaangevende kennisinstellingen zoals het Forschungszentrum Jülich en Fraunhofer Gesellschaft in Duitsland, het National Renewable Energy Laboratory in de Verenigde Staten en het Austrian Institute Of Technology in Oostenrijk. Een gezamenlijk doel is nodig om een effectieve samenwerking op te zetten – denk aan het omgaan met lokale flexibiliteit als alternatief voor netverzwaring en interoperabiliteit.

3. Kennisuitwisseling

Kennisuitwisseling vond voorheen vooral zijn weg via thematische bijeenkomsten binnen branchegeenoten. De levendige kennisuitwisseling in en tussen projecten moet zijn weg vinden naar de doelgroep: wat staat er in de etalage aan (potentiële) nieuwe producten en diensten en *what's in it for them?* Voor missiegedreven innovatie zal kennisuitwisseling en consortiumvorming derhalve meer moeten plaatsvinden met het oog op bepaalde marktsegmenten en bijbehorende maatschappelijke uitdagingen, zoals aansluitproblematiek van decentrale energiebronnen of aardgasloze wijken. Relevante doelgroepen zijn dan wijken en gemeenten met duurzame ambities, architecten, consumenten, bedrijven, lokale duurzame energie-initiatieven, investeerders en andere energiedomeinen. Fieldlabs kunnen de verbinding leggen met de doelgroepen en bijdragen aan effectieve en acceptabele oplossingen.

4. Richting aan zoekproces

De behoefte aan flexibiliteit in elektriciteitsvraag en -aanbod is bekend. In zijn portfolioanalyse van 2019 adviseert Ecofys Navigant om te werken aan opschaling en optimalisatie van flexibiliteitsoplossingen door aandacht voor interoperabiliteit.¹² In het huidige portfolio hebben projecten vooral geëxperimenteerd met één flexibiliteitsoptie voor één doel. Toekomstige projecten moeten zich richten op grootschalige toepassing in wijken, waarbij flexibiliteit voor verschillende doelen ingezet kan worden en een grotere rol gaat spelen in het behouden van een betaalbaar, betrouwbaar en efficiënt elektriciteitssysteem.

5. Markt

Ecofys Navigant ziet de liquiditeit en toegankelijkheid van flexmarkten als belangrijke uitdaging, en adviseert om projecten daar gericht aan te laten werken.¹² De verbinding tussen flexmarkten is nodig om tegenstrijdige acties te voorkomen. In een MKBA van 2012 werd voorspeld dat elektriciteitsleveranciers, op momenten met prijssignalen, het energiegebruik willen laten toenemen. Netbeheerders willen dan ter voorkoming van congestie juist liever het gebruik zien dalen (of andersom). Die voorspelling is inmiddels uitgekomen. Ideeën hoe hiermee om te gaan vragen om nadere uitwerking.

¹² Zie <https://www.topsectorenergie.nl/tki-urban-energy/tki-urban-energy-projecten>



Er leven nog veel verschillende ideeën over de marktarchitectuur en de rollen binnen de (mogelijke) bijstellingen van het huidige marktmodel. Qua wet- en regelgeving zijn er verschillende onzekerheden die impact hebben op mogelijkheden voor de markt, zoals rondom de afbouw van de salderingsregeling en de implementatie van het ‘verzwaren tenzij’-principe. Dit remt ondernemerschap en verandering. De Elektriciteitstafel geeft aan dat het huidige marktmodel tot 2030 voldoet, maar dat bijstellingen naar een gelijk speelveld voor flexibiliteit wel nodig kunnen zijn: prijzen mogen schaarste reflecteren. Nederland is verplicht om het Clean Energy Package, Europese wetgeving uit 2019, te implementeren. Dit pakket bevat onder andere aanscherping in het marktmodel met bepalingen over opslag, *energy communities* en *aggregators*. De bestaande experimenteerregeling onder de Elektriciteitswet biedt mogelijkheden om buiten wettelijke kaders te experimenteren en zo inzicht te krijgen in de wenselijkheid van bepaalde oplossingen die binnen de huidige kaders niet mogelijk zijn.

De netbeheerders kunnen de markt faciliteren door meer inzicht te bieden in de status van het lokale energiesysteem. Doordat er nu te weinig zicht is op knelpunten in het elektriciteitsnet, is het onvoldoende duidelijk waar en wanneer energieopslag van toegevoegde waarde kan zijn.

6. Mobiliseren middelen

Er zijn veel subsidies beschikbaar waar een private bijdrage tegenover staat. Er is minder bekend over financiering door private partijen en investeerders van nieuwe producten, diensten of faciliteiten. Wat betreft de beschikbaarheid van goed opgeleide vakmensen, zie het hoofdstuk ‘Maatschappelijke thema’s en randvoorwaarden’.

7. Omgaan met weerstand: het belang van draagvlak

Het Klimaatakkoord benadrukt de noodzaak van maatschappelijk draagvlak, burgerparticipatie, en gelijke kansen om mee te doen. Ook ligt er een enorme uitdaging om te voorkomen dat de complexiteit leidt tot onbegrip over en afkeer van de innovaties. Dit vraagt om maatschappelijk gedragen, locatiespecifieke oplossingen. Ecofys Navigant adviseert om meer nadruk te leggen op het centraal stellen van de consument, zeker nu de urgente versnelling van de energietransitie vraagt om meer innovaties die dicht bij de consument staan.¹³ Voor smart grids en smart energy is het nodig om vooruit te lopen op uitdagingen aan de ‘datakant’ van de economie en de energievoorziening. Denk aan *inclusion* en *social justice* bij (mogelijk discriminerende) algoritmes, privacy en *cybersecurity*. Zie ook de aandacht voor Maatschappelijk Verantwoord Innoveren in het hoofdstuk ‘Maatschappelijke thema’s en randvoorwaarden’.

¹³ Zie <https://www.topsectorenergie.nl/tki-urban-energy/tki-urban-energy-projecten>

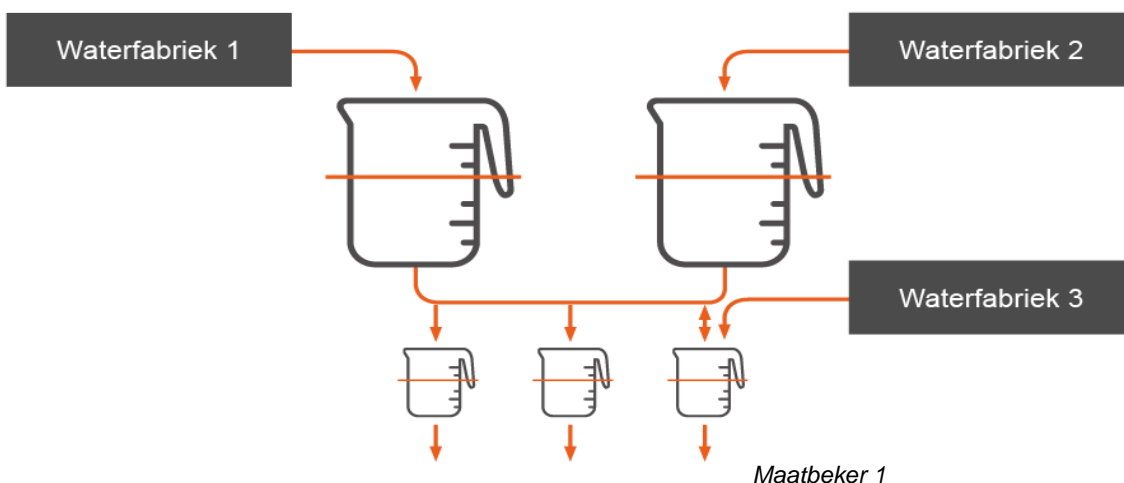


Bijlage 3 Toelichting op flexibiliteit

Het belang van flexibiliteit

De elektriciteitsvoorziening kenmerkt zich door het belang van een balans tussen vraag en aanbod. De belangrijkste missie van MMIP 5 is het voorzien in innovaties voor de gevraagde flexibiliteit in de gebouwde omgeving op een maatschappelijk verantwoorde wijze. Daarnaast zijn ook innovaties voor andere diensten relevant, zoals de *power quality* in het elektriciteitsnet, leveringszekerheid, comfort en klimaat in gebouwen en woningen en het zo goed mogelijk garanderen van privacy en security bij een toenemend datagebruik door deze diensten.

Ter illustratie van deze flexibiliteit volgt een vergelijking met een watervoorziening. Stel er zijn twee grotere waterfabrieken 1 en 2 (elektriciteitscentrales), die leveren via grotere en kleinere maatbekers. Iedere maatbeker is een symbool van transport- en distributiecapaciteit. Het is belangrijk dat het waterniveau in ieder van de maatbekers rond de rode streep blijft. Als een kleinere waterfabriek 3 invoedt (rechtsonder, vergelijkbaar met bijvoorbeeld een zonneweide) moet in maatbeker 1 (rechts onder) het waterniveau rond de rode streep blijven en zal waterfabriek 1 en/of 2 in productie terug moeten en/of de afnemers onder maatbeker 1 moeten hun watergebruik opvoeren en/of water opslaan in een apart reservoir voor later gebruik (energieopslag).



Flexibiliteit in de elektriciteitsvoorziening is vergelijkbaar met het vermogen om het niveau in één of meer maatbekers bij (dreigende) afwijking op de rode streep te houden. Opwaartse flexibiliteit is het vermogen om een maatbeker te vullen als het niveau te ver zakt (bij een tekort), neerwaartse flexibiliteit is het vermogen om het niveau in een maatbeker te laten zakken als het te ver stijgt (bij een overschot).

De Elektriciteitstafel benadrukt met 'Afspraken in de sector Elektriciteit' (dec. 2018) het belang van flexibiliteit: grotere weersafhankelijkheid van de elektriciteitsproductie en meer marktwerking in de levering van elektriciteit leiden tot meer behoefte aan flexibiliteit. De tafel stelt dat er voor een betrouwbaar elektriciteitssysteem steeds meer flexibiliteit nodig is en dat de markt voor flexibiliteit zonder belemmeringen moet functioneren. Die flexibiliteit moet beschikbaar komen uit vraagsturing, opslag en conversie (bijvoorbeeld via CO₂-vrije waterstof, biomassa en groen gas) en uit

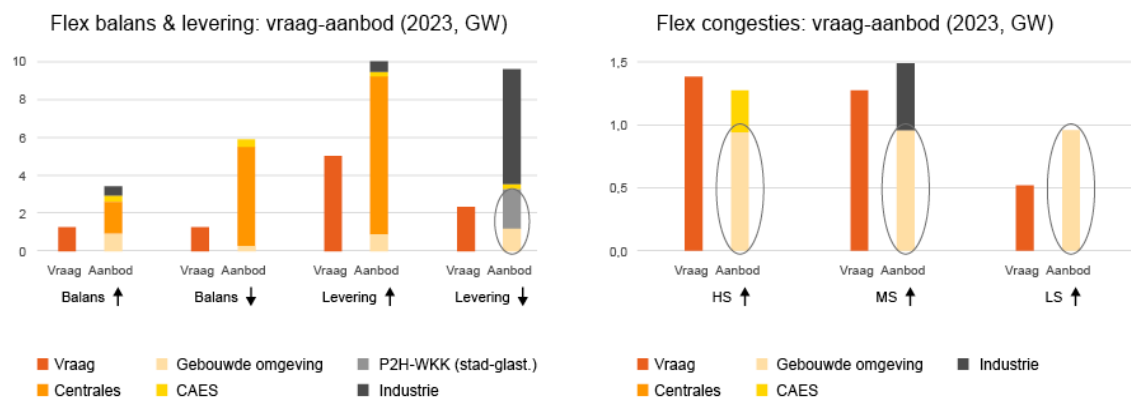


regelbare productie van elektriciteit. Ook kan via interconnecties met het buitenland flexibiliteit beschikbaar komen, maar de bijdrage hiervan is onzeker.

Technologieneutraliteit is voor de tafel het uitgangspunt voor flexibiliteit op zowel korte (< 48 uur) als lange termijn (> 48 uur). Er komen naar verwachting voldoende opties beschikbaar om te voorzien in korte termijn flexibiliteit. Voor lange termijn flexibiliteit is een mix van bronnen nodig: naar schatting gemiddeld 15-17 GW, bij langer durend extreem weer is meer capaciteit nodig. Technieken voor grootschalige (CO₂-vrije) flexibeltopties in 2030 moeten nu al worden doorontwikkeld om op tijd te kunnen worden toegepast.

Verwachte vraag naar flexibiliteit (2023) en hoe daarin te voorzien

De figuur hieronder toont de verwachting van vraag naar en aanbod van flexibiliteit in 2023 als tussenstap naar 2030.



Figuur: verwachting van vraag naar en aanbod van flexibiliteit in 2023 voor respectievelijk balans (balanceringsmarkt TSO en intraday bij lage invoeding van wind en zon-PV) en day ahead levering (grafiek links) en congestiemanagement voor elektriciteitsnetten (grafiek rechts, HS = hoogspanning, MS = middenspanning en LS = laagspanning).

De pijlen langs en onder de horizontale as in de grafieken geven aan of het gaat om opwaartse of neerwaartse flexibiliteit. Voor congestiemanagement (grafiek rechts) is tot nu toe in beeld gebracht welke opwaartse flexibiliteit nodig is bij lage invoeding van zon en wind. De benodigde neerwaartse flexibiliteit bij hoge invoeding van zon en wind is nog niet goed in beeld¹⁴.

De benodigde flexibiliteit vanuit de gebouwde omgeving is weergegeven in lichtgrijze kleur (P2H en WKK's glastuinbouw) en zalmoranje (overig gebouwde omgeving). In beide grafieken in de figuur wordt de flexibiliteitsbehoefte getoond die naar verwachting uit de gebouwde omgeving beschikbaar moet en kan komen om in de vraag (rode balken) te voorzien:

- 1 Ellipsen rechter grafiek - opwaartse flexibiliteit voor het matigen van congesties in het HS-, MS- en LS- gedeelte van het elektriciteitsnet;
- 2 Ellips linker grafiek - neerwaartse flexibiliteit in levering van elektriciteit.

¹⁴ Zie <https://www.topsectorenergie.nl/tki-urban-energy/kennisdossiers/de-handel-in-flexibiliteit>



Bijlage 4 Samenhang MMIP's Gebouwde Omgeving

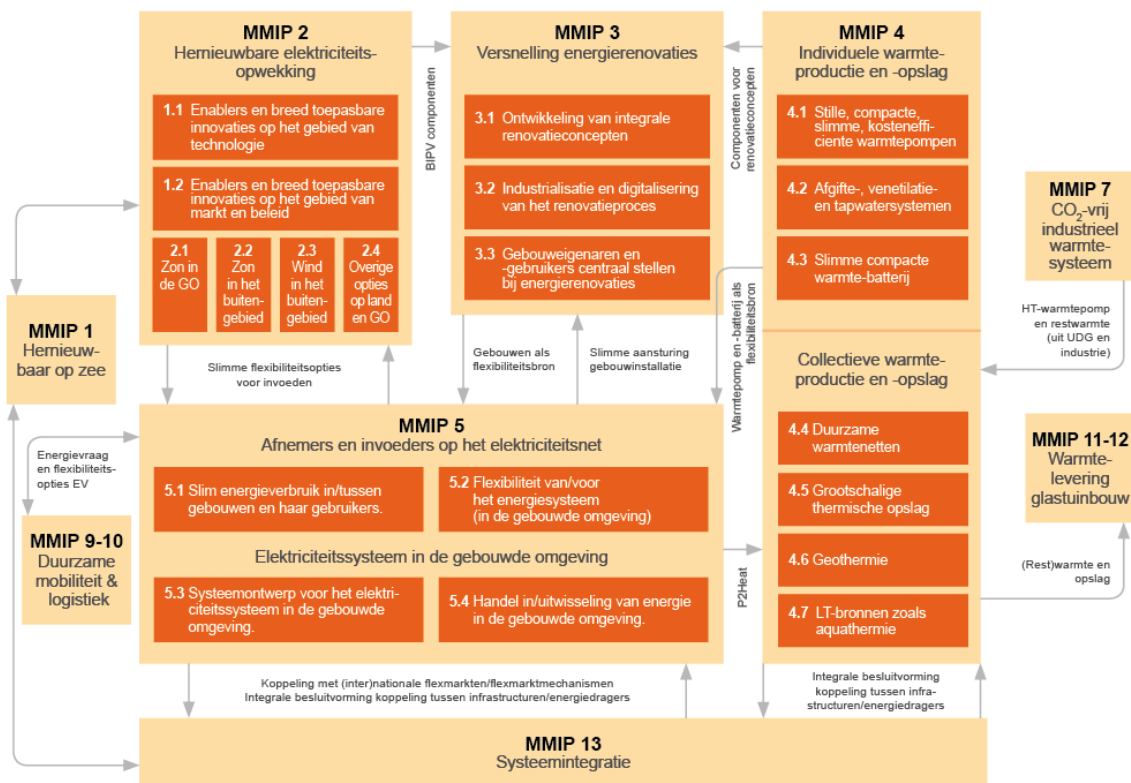
Deze volgende tekst en onderstaande figuur biedt een toelichting op de samenhang tussen MMIP 2 t/m 5, de vier MMIP's die zich richten op de energietransitie in de Gebouwde Omgeving.

- In MMIP 2 (Hernieuwbare elektriciteitsopwekking op land en in de gebouwde omgeving) worden innovaties ontwikkeld voor het op land en in de gebouwde omgeving opwekken van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen. Eén van de oplossingen om dit te doen is d.m.v. zonnestroomsystemen geïntegreerd in het dak of gevel van een gebouw (BIPV). Deze oplossing wordt in MMIP 2 ontwikkeld en vervolgens in MMIP 3 toegepast in een integraal energie(renovatie)concept. Een andere focus in MMIP 2 is de ontwikkeling van wind- en zonnestroomsystemen in het buitengebied. Een groot gedeelte van de elektriciteit die in het buitengebied en in de gebouwde omgeving wordt opgewekt zal worden ingevoerd in het elektriciteitssysteem. Daarbij gebruikt MMIP 2 oplossingen vanuit MMIP 5 – zoals opslag, conversie en *demand-side management* – die de waarde van de opgewekte elektriciteit vergroten en zorgen voor een goede inpassing in het lokale energiesysteem.
- In MMIP 3 (Versnelling energierenovaties in de gebouwde omgeving) wordt 'het duurzaam renovatiepakket', een combinatie van verbeterde schilisolatie en verduurzaamde installatie, ontwikkeld, opgeschaald en ingepast. Dit brengt een aantal componenten uit andere MMIP's samen. Een deel van deze concepten wordt in andere MMIP's ontwikkeld zoals warmtepompen (MMIP 4), warmteopslagsystemen (MMIP 4), warmte-afgiftesystemen voor warmtenetten (MMIP 4), zonnestroomsystemen (MMIP 2) en batterijsystemen (MMIP 5). Energie-management-systemen voor het slim aansturen van deze componenten wordt binnen MMIP 5 ontwikkeld en helpen om flexibiliteit te ontsluiten en tot waarde te maken.
- In MMIP 4 (Duurzame warmte en koude in de gebouwde omgeving (inclusief glastuinbouw)) worden innovatieve componenten, collectieve systemen en socio-economische innovaties ontwikkeld voor duurzame warmte en koude. Ook warmteopslag (kleinschalig en grootschalig) is onderdeel van MMIP 4. Verschillende systemen voor warmte-opwek en -opslag kunnen slim ingericht en aangestuurd worden met oog op het lokale energiesysteem: MMIP 5 ontwikkelt conversiemogelijkheden om elektriciteits(overschotten) te gebruiken voor grootschalige warmteopwekking (power2heat, P2H). Deze concepten worden in MMIP 4 toegepast.
- MMIP 5 (Elektrificatie van het energiesysteem in de gebouwde omgeving) richt zich op het ontwikkelen van oplossingen voor en het faciliteren van een betrouwbaar, efficiënt, betaalbaar, slim, integraal en maatschappelijk gedragen systeem van opwek, opslag, conversie, transport en gebruik van elektriciteit in de gebouwde omgeving. MMIP 2, 3 en 4 ontwikkelen oplossingen die zorgen voor



een elektrificatie van het lokale energiesysteem. MMIP 5 komt met slimme oplossingen voor om deze transitie te faciliteren en komt met oplossingen om de potentieel beschikbare flexibiliteit vanuit deze ontwikkelingen te ontsluiten en tot waarde te maken.

Deze samenhang is visueel weergegeven in de onderstaande figuur.



Specifiek op de volgende onderwerpen is er interactie tussen de verschillende MMIP's die zich richten op de gebouwde omgeving:

| Element | Aanleverende MMIP | Ontvangende MMIP |
|--|--|---|
| BIPV en PVT | MMIP 2 ontwikkelt zonnestroomsysteemcomponenten die geïntegreerd kunnen worden in bouwdelen. | MMIP 3 integreert de componenten in bouwdelen met zonnestroomfunctie, waardoor ze als integraal worden toegepast als onderdeel van een energierenovatie-concept/woonpakket. |
| Individuele warmteproductie en -opslagsystemen | MMIP 4 ontwikkelt warmtepompen en-opslagsystemen. | MMIP 3 integreert deze systemen als module van renovatieconcepten/-pakketten en/of als onderdeel van een geïntegreerde installatie van geveldelen (second skin). |
| Collectief slim warmte- en koudenet met | MMIP 4 ontwikkelt de systemen tot commerciële oplossingen. | MMIP 3 integreert de systemen in de renovatieconcepten. Zorgt dat integratiepartijen (fabrieken) systemen |



| | | |
|--|---|--|
| opwekking en opslag | | integreren in renovatieconcepten /pakketten. MMIP 5 integreert warmte-oplossingen in het energiesysteem |
| Gebouwbeheersystemen | MMIP 5 ontwikkelt 'Building Energy Management Systems' (BEMS) gericht op een efficiënte integrale aansturing van apparaten binnen gebouwen. Het BEMS faciliteert ook het ontsluiten van flexibiliteit vanuit deze apparaten. | MMIP 3 werkt aan renovatieconcepten, rekening houdend met de connectiviteit van verschillende apparaten. In deze concepten maken gebruik van de BEMS die in MMIP 5 zijn ontwikkeld. |
| Thuisbatterij | MMIP 5 ontwikkelt opslagsystemen die geschikt zijn voor woningen en utiliteitsbouw. | MMIP 3 integreert de thuisbatterij als mogelijke module van renovatieconcepten/-pakketten. |
| Gebouwen als flexibiliteitsbron | MMIP 3 ontwikkelt renovatieconcepten met apparaten waar potentieel flexibiliteit uit ontsloten kan worden; het gebouw kan hierbij een vorm van elektrische of thermische opslag bieden. | MMIP 5 incorporeert de flexibiliteit die door (gerenoveerde) gebouwen wordt geleverd en komt met slimme, en voor de gebruiker acceptabele, producten en diensten om deze flexibiliteit tot waarde te maken. |
| Slimme flexibiliteitsoplossingen voor invoeden energie | MMIP 5 ontwikkelt flexibiliteitsoplossingen die bijdragen aan de stabiliteit van het elektriciteitsnet, gebruikmakend van demand-response, opslag en conversie. Tevens wordt gewerkt aan energiehandelsplatformen met lokale systeemoverwegingen. | MMIP 2 werkt aan opwekoplossingen met zo'n hoog mogelijke waarde en houdt daarbij het (lokale) energiesysteem in ogenschouw. Er wordt voortgebouwd op de technische routes die MMIP 5 biedt en de bijbehorende verdienmodellen waarop ingespeeld kan worden. |
| P2Heat | MMIP 5 werkt aan oplossingen voor opslag en conversie van elektrische energie. Eén route is het omzetten van elektrische overschotten in warmte (P2Heat). | MMIP 4 incorporeert P2Heat-oplossingen als warmtebron en buffer die toegepast kan worden in slimme warmtenetten. |



Bijlage 5 Samenhang MMIP 5 en 13

De relatie tussen MMIP 5 en 13 is in de bijlage nader toegelicht.

| | MMIP 5 | Gezamenlijk | MMIP 13 |
|---|--|--|--|
| 'Platformen' en marktmechanismen voor energietransacties | Platformen en markt(mechanism)en gericht op lokale kansen (energie-communities, peer-to-peer handel) en uitdagingen (e.g. congestiemanagement op LS) | <i>Gezamenlijke doelstelling:</i> Samenhang tussen lokale en centrale systeemmechanismen. <i>Gezamenlijke activiteiten:</i> MMIP 13 neemt het initiatief bij de ontwikkeling van centrale platformen die zich ook richten op lokale overwegingen (e.g. GOPACS). MMIP 5 brengt netwerk/kennis over lokale uitdagingen in en zorgt voor (oplossingen voor) participatie van actoren uit de gebouwde omgeving. | Platformen en markt(mechanism)en gericht op (inter)nationale systeemdiensten en energiehandel; rol en mogelijkheden koppeling energiedragers bij nieuwe markt(mechanism)en |
| Toegang tot platformen voor energietransacties | Oplossingen voor afnemers en invoeders om te participeren in het energiesysteem; burgerparticipatie. | <i>Gezamenlijke doelstelling:</i> Effectieve participatie van gebouwde omgeving in centrale systeemmechanismen. <i>Gezamenlijke activiteiten:</i> Werken aan laagdrempelige toegang tot energiemarkten en systeemdiensten voor actoren in de Gebouwde Omgeving (e.g. blockchain voor FCR). | (Door)ontwikkeling van nieuwe markten en toegankelijke systeemdiensten voor verschillende sectoren. |
| Burgerparticipatie | Kansen en mogelijkheden voor de burger als prosumer; lokale energie-communities; participatie eindgebruiker als succesfactor van flexoplossingen; maatschappelijke vraagstukken omtrent flexibiliteit in de gebouwde omgeving. | <i>Gezamenlijke doelstelling:</i> Juiste maatschappelijke afweging voor inzet juiste opslagtechnologieën op het juiste niveau. <i>Gezamenlijke activiteiten:</i> Evalueren en duiden rol van opslag in energiesysteem van de gebouwde omgeving | Grootschalige bovengrondse en ondergrondse opslag (e.g. CAES) |



| | | | |
|--|--|--|---|
| <p>Opslag</p> <p><i>Merk op: Generieke ontwikkeling opslagtechnologie valt onder TS HTSM (sleuteltechnologie), niet onder MMIP 5 en 13.</i></p> | <p>Thuis- en buurtbatterij, opslag bij lokale decentrale opwekeenheden, oplossingen voor V2G.</p> | <p><i>Gezamenlijke doelstelling:</i> Juiste maatschappelijke afweging voor inzet juiste opslagtechnologieën op het juiste niveau.</p> <p><i>Gezamenlijke activiteiten:</i> Evalueren en duiden rol van opslag in energiesysteem van de gebouwde omgeving</p> | <p>Grootschalige bovengrondse en ondergrondse opslag (e.g. CAES)</p> |
| <p>Conversie</p> | <p>Oplossingen voor P2X in de GO, met name P2Heat (e.g. Ecovat). <i>Samen met MMIP 4.</i></p> | <p><i>Gezamenlijke doelstelling:</i> Juiste maatschappelijke afweging voor inzet juiste conversietechnologieën op het juiste niveau.</p> <p><i>Gezamenlijke activiteiten:</i> Evalueren en duiden rol van conversie in energiesysteem van de gebouwde omgeving</p> | <p>Grootschalige P2X (m.n. Power-to-molecules); integrale besluitvorming omtrent inpassing P2X in energiesysteem.</p> |
| <p>Monitoring & control van energie-infrastructuur</p> | <p>Monitoring van elektriciteits-infrastructuur (m.n. LS-netten) in de gebouwde omgeving; inclusief monitoring 'achter de meter'; controlopties voor o.a. congestie en power quality (e.g. via buurtbatterij).</p> | <p><i>Gezamenlijke doelstelling:</i> Effectief gebruik van energie-infrastructuur.</p> <p><i>Gezamenlijke activiteiten:</i> Gebruik lokale monitoringsdata voor ontwikkeling centrale regelsystemen; gebruik centrale monitoringsdata voor lokale oplossingen.</p> | <p>Monitoring van de gehele energie-infrastructuur 'voor de meter'; controlmogelijkheden via o.a. grootschalige opslag, koppeling sectoren en energiedragers.</p> |



