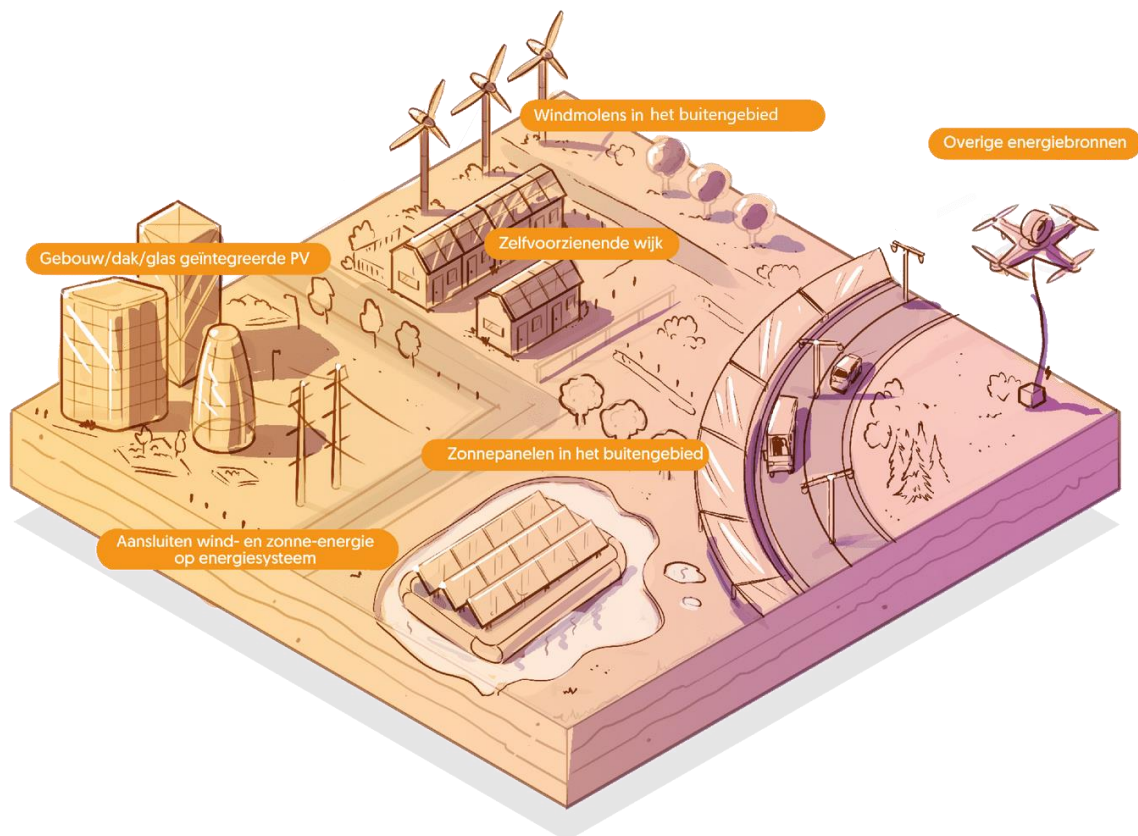


Meerjarig Missiegedreven Innovatie Programma Hernieuwbare elektriciteitsopwekking op land en in de gebouwde omgeving



MMIP 2

16 december 2022



Inhoud

1. Samenvatting	3
2. Inleiding	6
Totstandkoming MMIP 2	6
Doel en positionering van het MMIP	7
3. Innovatieopgave	8
Internationale trends zonne-energie en windenergie	8
Nederlandse implementatie- en innovatiedoelstellingen	11
Introductie deelprogramma's van dit MMIP	12
4. Nederlandse Innovatie-inzet	14
Deelprogramma 1 Technologieontwikkeling en industriële productie	15
Deelprogramma 2 Toepassingen zon en wind	18
Deelprogramma 3 Inpassing in het energiesysteem	40
Deelprogramma 4 Circulariteit en duurzaamheid	43
Doorsnijdende thema's	44
5. Nederlandse Innovatie activiteiten	48
Instrumenten en activiteiten	48
Benodigde inzet van publieke middelen	49
Prioritaire Thema's binnen MMIP 2	52
6. Samenhang op hoofdlijnen	53
7. Stakeholders en actoren	55
8. Omgevingsanalyse op hoofdlijnen	58
9. Communicatie en disseminatie	60
10. Samenvattende tabel	61
Colofon	65

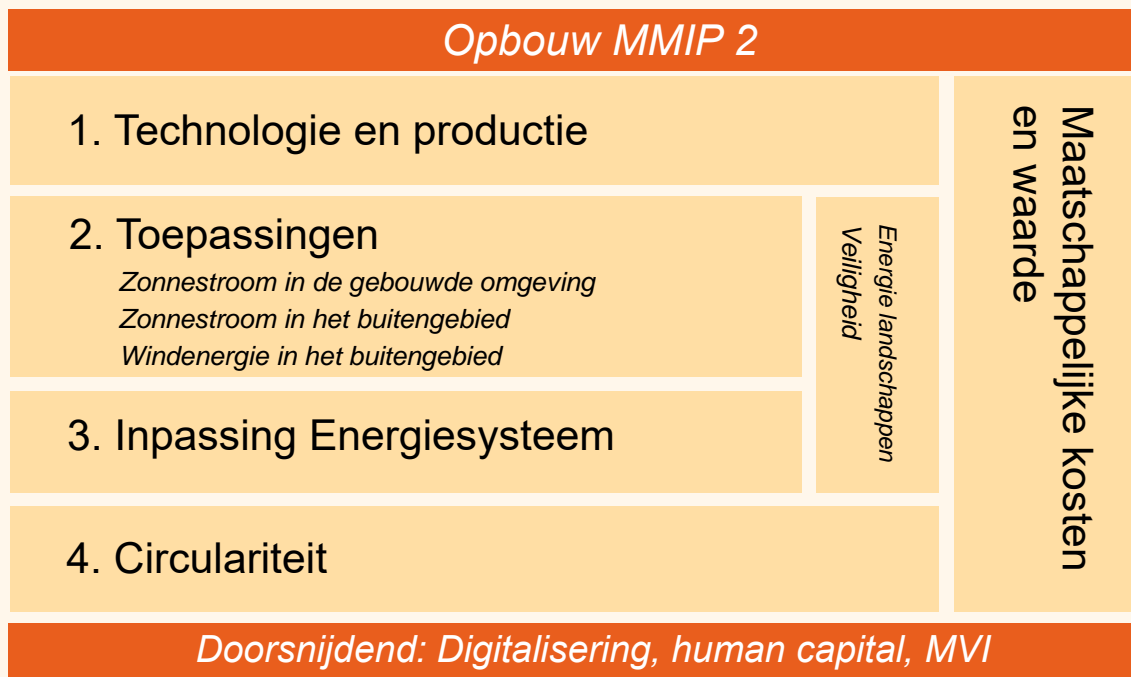


1. Samenvatting

Dit MMIP 2 'Hernieuwbare elektriciteitsopwekking op land en in de gebouwde omgeving' beschrijft samen met het MMIP 1 'Hernieuwbare elektriciteitsopwekking op zee' de innovatie-uitdagingen voor het realiseren van de missie 'Een volledig CO₂-vrij elektriciteitssysteem in 2050'.

Hernieuwbare elektriciteit speelt een centrale rol in de energievoorziening van de toekomst. Het Nederlandse Klimaatakkoord stelt het doel van minimaal 42 TWh/jr in 2030 voor opwekking uit hernieuwbare bronnen op land en in de gebouwde omgeving. Dit betreft minimaal 35 TWh/jr aan hernieuwbare stroom uit grootschalige opwekinstallaties (>15 kWp) op land en minimaal 7 TWh/jr aan duurzame stroom uit kleinschalige opwekinstallaties (<15kWp) in de gebouwde omgeving. Deze ambitie komt overeen met 35% van het totale huidige jaarlijkse elektriciteitsverbruik. In 2021 werd er 21 TWh/jr opwekt met windturbines en zonnestroominstallaties op land en het oorspronkelijke doel voor 2030 is zeker haalbaar. Tegelijkertijd wordt een enorme toename van de elektriciteitsvraag verwacht en zal dit doel naar boven bijgesteld moeten worden. Deze herijking vindt op dit moment plaats. Voor de periode na 2030 tot 2050 wordt een sterke verdere groei voorzien, vooral van zonnestroom, om tot een volledig CO₂-neutrale samenleving in 2050 te komen.

Het technisch potentieel voor wind- en zonne-energie op land en in de gebouwde omgeving is ruimschoots groter dan deze ambitieuze doelen. De realisatie hangt echter af van innovaties op het gebied van technologie, markt, beleid en samenleving. Dit MMIP beschrijft deze innovaties in onderling samenhangende deelprogramma's.



De belangrijkste inhoudelijke uitdagingen van dit innovatieprogramma:

- **Technologieontwikkeling en productie:** De technologie voor wind en zon is beschikbaar om grootschalig te worden uitgerold, maar er is nog veel ontwikkeling mogelijk wat betreft kosten, opbrengsten, circulariteit. Nederland en de EU hebben de kennispositie om deze ontwikkeling door kennisinstellingen en private partijen te realiseren. Daarnaast is het van strategisch belang dat Nederland, als onderdeel van de EU minder afhankelijk wordt van import van producten en/of materialen voor de opwekking van deze vormen van elektriciteit. Vooral voor zonnestroom is de afhankelijkheid van Azië op dit moment zeer groot. Dit innovatieprogramma zet daarom in op het opbouwen van een Nederlandse maakindustrie voor een nieuwe generatie zonnestroomproducten.
- **Ruimtelijke inpassing:** Functionele- en esthetische- integratie van zonnestroomsystemen zijn cruciaal voor grootschalige toepassing in de gebouwde omgeving. Technisch kan er al veel, vooral de kosten voor integratie moeten gereduceerd worden. Het opschalen van geïntegreerde producten met hogere maatschappelijke waarde blijft uitdagend en krijgt aandacht in dit innovatieprogramma.
Ruimtelijke- en ecologische- kwaliteit zijn belangrijke randvoorwaarden bij de toepassing van windparken en zonnestroomsystemen in het buitengebied: Hoe kunnen we grootschalige hernieuwbare elektriciteitsopwekking ontwikkelen met behoud of verbetering van de ruimtelijke en ecologische kwaliteit?
- **Systeemintegratie:** Hoe kunnen we voldoende snelheid houden in het aansluiten van zonnestroomsystemen en windparken? Welke innovaties kunnen op korte termijn extra aansluitcapaciteit mogelijk maken. En voor de langere termijn: hoe kan de variabele opwek van elektriciteit uit zon en wind, tegen zo laag mogelijke maatschappelijke uitgaven, het beste worden geïntegreerd in het energiesysteem? Hoe kan, bij hoge fracties van zon en wind in de opwekmix, de economische waarde van deze elektriciteit worden behouden? En hoe doen we dit rechtvaardig?
- **Circulariteit:** De transitie naar een CO₂ – neutrale samenleving en circulaire economie moeten hand in hand gaan. Voor zonne-energie en windenergie moet daarom nu al gewerkt worden aan circulaire producten, het verlengen van de levensduur en het vermijden van schaarse materialen, evenals recyclingstrategieën voor de huidige generatie producten.

Uitdagingen innovatiebeleid

Hoe zorgen we voor een geschikt stimuleringsinstrumentarium voor het ondersteunen van funderend en toegepast onderzoek en innovatie? Innovaties op het gebied van markt en beleid zijn essentieel om excellente technische bouwstenen snel en op grote schaal te kunnen toepassen en om lage kosten te kunnen combineren met een hoge maatschappelijke waarde. Welke rol speelt normering bij opschalen van innovaties?



Grootschalige batterij-opslag in Flevoland (Gigastorage)

De belangrijkste innovatiedoelstellingen uit dit programma voor de periode 2030-2040:

Overall:

De geplande 42 TWh/jr in 2030 (klimaatakkoord) zijn minimaal gerealiseerd; Een bijdrage van wind op land en zon op land, binnenwater en in stedelijk gebied van 200 TWh/jr in 2050 is technisch, economisch en maatschappelijk haalbaar;

Technologieontwikkeling en productie:

- De LCoE van zon en wind op land is gereduceerd tot €25-€50/MWh; De systeemkosten en maatschappelijke kosten worden zo laag mogelijk gehouden;
- Zonnepanelen hebben een omzettingsrendement van >30%, een levensduur van >35 jaar en een circulair ontwerp zonder zeer schaarse grondstoffen. Minstens 50% van de benodigde zonnestroomcomponenten wordt lokaal (EU) geproduceerd;

Ruimtelijke inpassing:

- Energieparken in het buitengebied combineren opwek van energie met natuur, landbouw en recreatie zodat er per eenheid landoppervlak meer waarde voor natuur en mens wordt gecreëerd dan bij enkelvoudig landgebruik.
- Zonnestroomsystemen en windparken zijn van hoge kwaliteit en veilig, zowel voor personeel tijdens de aanleg, als qua brandveiligheid, toegankelijkheid en cybersecurity tijdens de operatie;

Systeemintegratie:

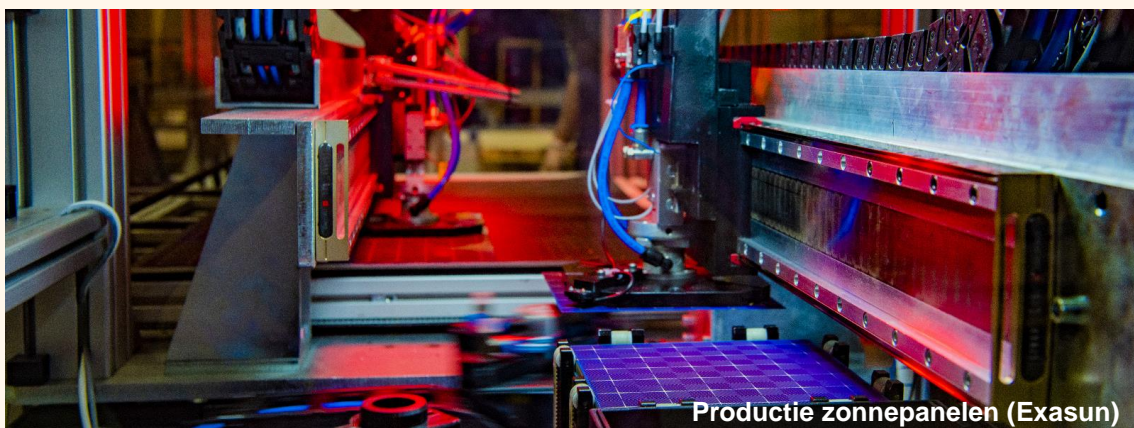
- De hoeveelheid opgewekte energie per eenheid beschikbare netcapaciteit wordt gemaximeerd door een hoge capaciteitsfactor en vormen van energieconversie en -opslag, lokale optimalisatie in vraag en aanbod en faciliterende wet- en regelgeving. Voor zonnestroomsystemen wordt de netimpact per opwekte eenheid energie minimaal gehalveerd tov 2021.

Circulariteit:

- Nieuwe zonnestroomsystemen en windparken zijn vergaand circulair. De herkomst van gebruikte materialen is bekend en voldoet zoveel mogelijk aan de IMVO eisen;

Human Capital:

- De inzet van personeel tijdens de productie, installatie en operatie van zonnestroomsystemen en windparken is met tenminste 50% verminderd door productinnovatie, robotisering en digitalisering;



2. Inleiding

Totstandkoming MMIP 2

De pijlers onder onze toekomstige elektriciteitsvoorziening zullen gevormd worden door windenergie en zonne-energie. De opwek hiervan in Nederland zal zowel plaatsvinden op land en op zee. Omdat de innovatie-ecosystemen van hernieuwbare elektriciteit op land en op zee hele verschillende spelers kennen met specifieke innovatie-uitdagingen is er voor gekozen voor twee Meerjarige Missiegedreven Innovatie Programma's (MMIPs) op het thema hernieuwbare elektriciteit. Eén programma richt zich op zee te laten richten, MMIP1, en één programma op land, waaronder de gebouwde omgeving, MMIP 2. Omdat opwek van met name zonne-energie grotendeels op en rond gebouwen plaatsvindt, levert MMIP 2 ook een onmisbare bijdrage aan missie B. Nauwe samenwerking met de andere MMIP's onder missie B is daarom cruciaal voor het slagen van het innovatieprogramma.

Dit MMIP bevat een overzicht van technische en niet-technische innovaties op het gebied van hernieuwbare elektriciteit op land en in de gebouwde omgeving. Deze innovaties dragen bij aan missie A: een CO₂-emissieloos elektriciteitssysteem in 2050, en aan Missie B: een CO₂-vrije gebouwde omgeving in 2050.

Het programma richt zich op alle ontwikkelfases, dus van fundamenteel onderzoek tot demonstratie en implementatie. Resultaten uit dit programma dragen al bij aan de missiedoelen voor 2030, maar het MMIP is ook gericht op het behalen van de 2050 doelen en borgt dus ook dat er na 2030 voldoende innovaties beschikbaar komen.

Het programma is tot stand gekomen door bijdragen van een brede groep van kennisinstellingen, overheidsorganisaties, maatschappelijke organisaties en bedrijven uit de sector. TKI Urban Energy is penvoerder van het programma. Het programma krijgt minimaal iedere twee jaar een update op basis van ontwikkelingen in de sector, voortgang op innovatieprojecten en de inbreng van een groep van experts in het Programma Advies College en wordt na vier jaar herijkt. De eerste versie van dit MMIP is in 2018/2019 opgesteld en het programma is herijkt, met een nieuwe opbouw, in 2022.

In **Hoofdstuk 3** van dit document beschrijven we de innovatieopgave aan de hand van internationale ontwikkelingen en de Nederlandse doelen. In **hoofdstuk 4** werken we de deelprogramma's uit en beschrijven we de Nederlandse innovatie-inzet. In **hoofdstuk 5** gaan we in op de gewenste innovatie-activiteiten en het instrumentarium. In **hoofdstuk 6, 7, 8 en 9** worden achtereenvolgens de samenhang met andere programma's, de betrokken stakeholders, omgevingsfactoren en communicatie beschreven.



Doel en positionering van het MMIP

In 2021 werd in Nederland 21 TWh aan stroom uit zon en wind op land opgewekt, wat overeenkomt met 19% van het totale elektriciteitsverbruik. Dit is een verdubbeling ten opzichte van 2018. Nederland staat inmiddels ook in de mondiale top 10 wat betreft bijdrage van

Vanuit een sterke kennisbasis worden heel verschillende toepassingsvormen ontwikkeld om het potentieel van wind- en zonne-energie te ontsluiten.

zonnestroom aan het totale elektriciteitsverbruik. De totale hoeveelheid duurzame stroom die in Nederland in de gebouwde omgeving en het buitengebied wordt opgewekt, kan de komende jaren snel toenemen, in ieder geval tot 42 TWh/jr (de huidige formele doelstelling) en mogelijk tot meer dan 70 TWh/jr in 2030 en uiteindelijk tot meer dan 200 TWh/jr in 2050. Daarvoor moeten wel de juiste voorwaarden worden gecreëerd – dit MMIP draagt daaraan in belangrijke mate bij.

Het is een grote uitdaging om niet alleen de doelen voor 2030 te halen, maar ook daarna sterk te kunnen blijven doorgroeien. Die groei is nodig de relatieve bijdrage van hernieuwbare opwekking verder te vergroten van ongeveer 70% in 2030 naar 100% zo snel mogelijk daarna en tegelijkertijd de groei van het elektriciteitsverbruik door elektrificatie te dekken. Dit vraagt om ambitieuze innovatie op veel gebieden en om nieuwe oplossingen. Het motiveert ook funderend en toegepast onderzoek naar opties en concepten in de categorie ‘hoog risico, hoge opbrengst’, die eventueel pas na 2030 kunnen bijdragen.

Dit innovatieprogramma heeft tot doel om de voor het behalen van de missiedoelen noodzakelijke innovaties te stimuleren en versnellen. Door deze brede set van innovaties te bundelen in één programma kunnen ontwikkelingen optimaal op elkaar afgestemd worden. Dit programma maakt het ook mogelijk om het overheidsinstrumentarium in alle ontwikkelfases zo effectief mogelijk in te zetten en waar nodig focus aan te brengen op regelingen op elkaar af te stemmen. Dit geldt niet alleen voor het ‘traditionele domein’ van het topsectorenbeleid van ontwikkeling en demonstratie maar ook voor fundamenteel onderzoek, via NWO regelingen, voor de inzet van TNO-middelen en middelen van overige TO2 instituten (Deltares, Marin, Wageningen Research), en implementatieregelingen zoals de SDE++.

Dit innovatieprogramma heeft daarnaast tot doel de Nederlandse economie te versterken. Een eigen industrie binnen Nederland en de EU biedt gezien de verwachte enorme groei ook export kansen, zeker op gebied van integratie en duurzaamheid van hoogwaardige zonne-energie producten.



3. Innovatieopgave

Dit hoofdstuk beschrijft op welke onderwerpen oplossingen nodig zijn om de missies te behalen en hoe ver deze oplossingen al zijn. Eerst beschrijven we de internationale stand van zaken. Daarna zetten we uiteen waarom het innovatieprogramma nodig is om de missie te behalen, rekening houdend met innovatieaanbod vanuit het ecosysteem en innovatievragen vanuit Coalitieakkoord en Klimaatakkoord. Dit kunnen technische, economische, juridische, of sociale onderwerpen zijn. Innovatie op digitalisering, circulariteit, inpassing, gebruiksvriendelijkheid, of human capital kunnen een significante impact hebben op het behalen van de doelstellingen.

Internationale trends zonne-energie en windenergie

Implementatie

Wereldwijd maken zonnestroom en windenergie een enorme groei door. Het opgestelde vermogen van zonnestroom is begin 2022 de mijlpaal van 1 TW gepasseerd (TW, 1 terawatt = 1000 gigawatt) en voor windenergie lag dit

Wind- en zonne-energie dekken nu samen 10% van de wereldwijde elektriciteitsvraag, en in Nederland al ca. 30%. Dat aandeel zal de komende jaren snel blijven groeien.

vermogen rond de 850 GW. Daarmee wordt in totaal ongeveer 10% van de wereldwijde elektriciteitsvraag gedekt. Voor de komende jaren wordt een zeer sterke groei verwacht van zowel zon als wind. Implementatie vindt plaats in alle landen van de wereld, maar qua volumes en ambitie lopen de Verenigde Staten (via de Inflation Reduction Act), Europa en China voorop. China's ambities voor zon en wind tellen op tot 1200 GW in 2030 en dit doel zal naar verwachting ruimschoots gehaald worden. De VS spreken nu over ca. 900 GW zon en wind in 2030. Europa noemt in het REpowerEU plan een ambitie van 1250 GW zon en wind in 2030.

Ook na 2030 wordt verwacht dat zon en wind sterk zullen blijven groeien en zich ontwikkelen tot belangrijkste pijlers onder de energievoorziening van de toekomst. Toonaangevende scenario's positioneren elektriciteit als 'primaire brandstof' van de toekomst en verregaande elektrificatie wordt gezien als een cruciale ontwikkeling voor de verduurzaming van de energievoorziening en een drastische reductie van CO₂-emissies¹.

Het is belangrijk om te beseffen dat qua aandeel zon en wind in de elektriciteitsmix en geïnstalleerd vermogen per eenheid landoppervlak, Nederland één van de mondiale koplopers is, samen met andere Europese landen zoals Duitsland, Denemarken, het Verenigd Koninkrijk en Spanje. Dat betekent dat inpassingsvraagstukken, in het energiesysteem, de fysieke ruimte en de levende natuur, in deze landen het eerst urgent

¹ Zie bijvoorbeeld: Global Energy Transformation: a Roadmap to 2050 (IRENA, 2019), Global Energy System based on 100% Renewable Energy: Power, Heat, Transport and Desalination Sectors (LUT/EnergyWatchGroup, 2019), Sky Scenario (Shell, 2018) and Terawatt-scale Photovoltaics: Transform Global Energy (Nancy Haegel et al., Science 364 (2019) 836).



worden en dat er niet zomaar oplossingen uit andere continenten ‘ingevlogen’ kunnen worden. We kunnen dus vooral leren van onze buurlanden. In Frankrijk is bijvoorbeeld veel ervaring met het stimuleren van geïntegreerde oplossingen en systemen met een zo klein mogelijke milieu-impact.

Productie

In 2022 wordt er wereldwijd voor ca. 200 GWp aan zonnepanelen en systeemcomponenten geproduceerd. Dit zal groeien naar waarschijnlijk ca. 600 GWp/jr in 2030. De productie van zonnepanelen is op dit moment zeer geconcentreerd in Azië en met name in China. Voor sommige productiestappen voor panelen op basis van silicium is het Chinese marktaandeel bijna 99%, waarvan een groot deel in slechts enkele regio's in het land. Deze concentratie in China brengt risico's met zich met voor de Nederlandse energietransitie². Dat gaat in de eerste plaats om het risico van geopolitieke afhankelijkheid. Als China de levering van zonnepanelen zou stopzetten, hoe onwaarschijnlijk dat nu ook lijkt, komen de Nederlandse klimaatdoelen direct in gevaar. Daarnaast kan een natuurramp zoals een overstroming of aardbeving in deze productiecentra, of een pandemie, de wereldwijde toeleveringsketen ernstig verstoren. Europa en de Verenigde Staten zijn zich bewust van deze risico's en werken actief aan het opbouwen van een eigen industrie. Europa heeft in het RepowerEU plan de ambitie uitgesproken om in 2025 ten minste 25 GWp aan productiecapaciteit voor wafers, cellen en modules te realiseren en dat uit te bouwen naar 100 GWp in 2030. Voor de VS worden vergelijkbare getallen genoemd. Daarmee wordt opnieuw gebouwd aan een 'gezond' marktaandeel dat kan voorzien in de eigen behoeftes en ook exportkansen creëert. In Nederland zijn er diverse bedrijven die de productie van modules en cellen in Nederland willen opschalen. Het is waarschijnlijk dat dat rond 2025 zal leiden tot een capaciteit van ten minste 1 GWp/jr aan cellen en modules van Nederlandse bodem en snel daarna een multi-GWp/jr productievolume.

Voor omvormers, onderconstructies en overige systeemcomponenten is de markt veel minder geconcentreerd en gelijkverdeelde over de verschillende globale machtsblokken. Op het gebied van onderconstructies voor dakgebonden systemen is Nederland één van de mondiale marktleider.

Voor de windsector bedroeg de jaarlijkse productie in 2021 ca. 100 GW, ook hier wordt een sterke groei verwacht tot 2030. Er is er sprake van een iets evenwichtiger toeleveringsketen, met een Europees marktaandeel van ca. 30% en een Chinees aandeel van ca. 70% en marginale productie in de rest van de wereld. Ook voor wind is het behouden van het marktaandeel en het verkleinen van de afhankelijkheid van schaarse grondstoffen cruciaal voor het behalen van de Europese doelen.

Innovatie

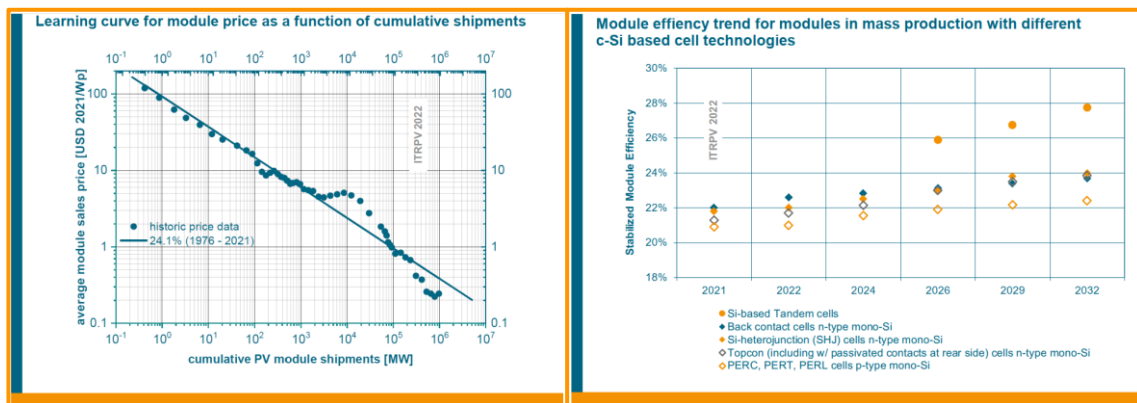
Voor zonne-energie zijn er twee robuuste wereldwijde innovatietrends: de kosten nemen af en het omzettingsrendement neemt toe. De onderliggende innovaties die dit mogelijk maken worden uitvoerig beschreven in de International Technology Roadmap PV³, het European Technology and Innovation Platform PV en de European Solar Manufacturing Council. De onderstaande figuren laten de historische en verwachte kosten en omzettingsrendementen zien. Hier kunnen een aantal belangrijke conclusies uit worden

² IEA 2022, Solar PV Global Supply Chains

³ ITRPV 2022



getrokken: de kostenreductie zal naar verwachting volgens de leercurve doorzetten, maar zal in de tijd langzamer gaan omdat de relatieve groei van PV afzwakt. In 2030 wordt een kostprijs van ruim lager dan 0.2 €/Wp verwacht. Het rendement van commerciële modules neemt tot 2030 vrijwel zeker toe tot 23-24% op basis van incrementele verbeteringen in bestaande technologie, die vooral in de R&D netwerken van de grote Chinese producenten plaatsvinden. Er wordt rekening gehouden met de opkomst van tandemmodules op basis van Si-Perovskiet die tot een aanzienlijk hoger rendement kunnen leiden van rond de 27% in 2030 en meer dan 30% in de jaren daarna. Dit gaat om commerciële producten. In het lab zijn op celniveau al rendementen van boven 31% behaald. Ook innovaties op gebied van verhogen opwek per geïnstalleerd vermogen (kWh/kWp) zijn essentieel. Europa heeft op dit moment de beste uitgangspositie om deze innovaties naar de markt te brengen en Nederland heeft, met instituten als TNO, Amolf, TU Delft en TU Eindhoven, hiervoor een leidende kennispositie.



Op toepassingsgebied zien we dat integratie van PV op allerlei oppervlakken toeneemt. Dat gaat om BIPV, zonneauto's, drijvende zonnepanelen, Agri-PV, etc. Het is duidelijk dat Europa hierin voorop loopt, in de rest van de wereld ligt de focus met name op zeer grote grondgebonden opstellingen in afgelegen gebieden en op kleinschalige systemen op daken van woningen. Binnen Europa is Nederland één van de koplopers op het gebied van integratie.

Op het gebied van windenergie bundelen de meeste roadmaps de onshore en offshore innovatie-uitdagingen. In de Europese ETIPWind roadmap⁴ springen systeemintegratie, circulariteit en O&M eruit als belangrijke innovatiethema's voor onshore wind.

Op het gebied van systeemintegratie is wereldwijd grote behoefte aan nieuwe oplossingen. De momentane opwek van energie uit zon en wind ligt in steeds meer landen op steeds meer plekken boven de vraag naar elektriciteit. Op tijdschalen tot enkele uren zijn standaard Li-ionbatterijen een geschikte technologie om vraag en aanbod te balanceren. Voor zonnrijke regio's rond de evenaar is een energiesysteem volledig op basis van PV en batterijen wellicht mogelijk. Voor gebieden verder van de evenaar is dit niet het geval. Daar zal waarschijnlijk een complexer systeem ontstaan op basis van opwekking uit met name zon en windenergie, korte termijn opslag in batterijen

⁴ ETIPWIND, 2020



en stuwmeren, lange termijn opslag door conversie naar moleculen, zoals groene waterstof, en flexibel vermogen dat door centrales met een beperkt aan jaarlijkse draaiuren worden geleverd. Wellicht zal er nog een tussenvorm van opslag voor de middellange termijn ontstaan, zoals bijvoorbeeld redox-flowbatterijen. Al deze vormen van opslag bevinden zich op dit moment in een stormachtige ontwikkeling met grote wereldwijde innovatie-inzet. Nederland zet op dit moment stevig in op productie van duurzame waterstof en kent enkele innovatieve start-ups op opslaggebied.

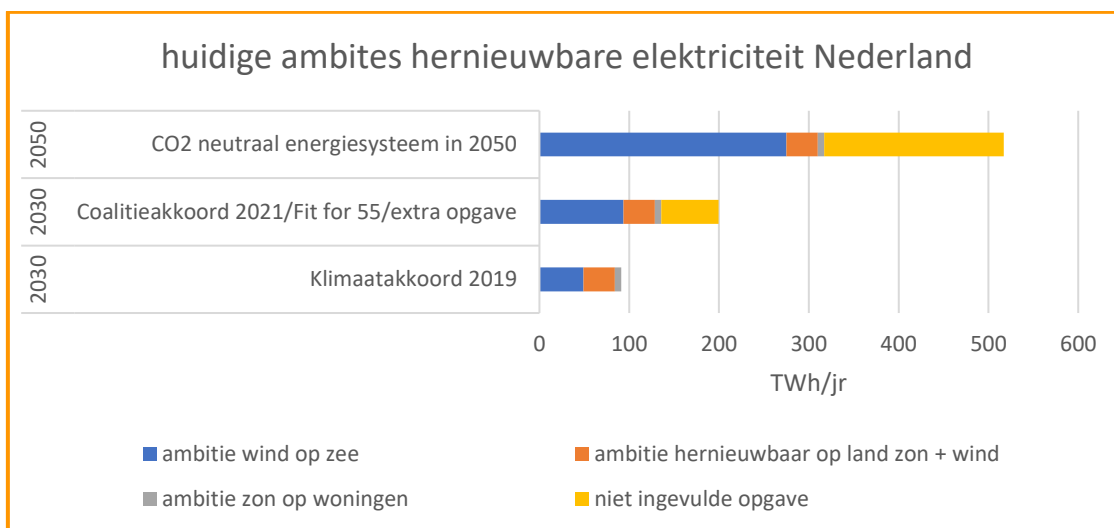
Naast deze inzet op opslagstechnieken en innovaties aan de vraagzijde is een forse uitbreiding van de elektriciteitsinfrastructuur noodzakelijk. De uitdagingen voor het gehele energiesysteem zijn ook beschreven in MMIP13 en MMIP5.

Nederlandse implementatie- en innovatiedoelstellingen

Het klimaatakkoord geeft de volgende innovatiedoelstellingen voor hernieuwbaar op land:

De opwekking moet bij voorkeur tegen zo laag mogelijke kosten plaatsvinden (30 tot 60 EUR/MWh in 2030, afhankelijk van projecttype en -grootte, met een perspectief op 20 EUR/MWh in 2050), en op basis van optimale ruimtelijke, ecologische en functionele integratie van het systeem in zijn omgeving.

Deze doelstellingen die aan innovatie voor zon en wind worden gesteld, hangen samen met de doelstellingen voor implementatie. Er is geen twijfel is over het feit dat er een zeer forse uitbouw moet plaatsvinden. Maar de innovatiedoelen worden wel uitdagender bij een hogere implementatiedoelen. Dat gaat om eisen aan ruimtelijke inpassing, netinpassing, circulariteit en kosten. De figuur hieronder toont de verschillende implementatiedoelen die op dit moment genoemd worden.



De figuur laat zien dat de oorspronkelijke doelstelling voor 2030 uit klimaatakkoord inmiddels achterhaald is. Door toenemende elektrificatie neemt de elektriciteitsvraag fors



toe. In plaats 120, gaan we nu uit van een vraag van 200 TWh/jr⁵. De ambitie voor wind op zee is al maximaal verhoogd van 49 naar ca 94 TWh/jr. Maar om de CO₂ doelen voor het elektriciteitssysteem te halen (maximale restemissie in 2030 van ca.10 Mton), zal er nog veel meer duurzame elektriciteit opgewekt moeten worden. De niet ingevulde opgave bedraagt zo'n 64 TWh/jr. Hernieuwbaar op land en in de gebouwde omgeving kan een groot deel van deze extra opgave invullen, als de juiste beleidskaders worden ontwikkeld. Ook voor het CO₂-neutrale energiesysteem van 2050 zijn nog geen duidelijke doelen per toepassingsgebied gesteld.

Op dit moment worden de implementatie doelstellingen voor hernieuwbaar op land herzien en naar verwachting flink opgehoogd in lijn met bovenstaande verhoogde vraag.

Introductie deelprogramma's van dit MMIP

Het is dus niet de vraag of 'hernieuwbaar op land' een grote rol gaat spelen in het nieuwe energiesysteem, maar hoe we het nieuwe energiesysteem moeten inrichten naar aanleiding van deze snelle ontwikkeling. Deze hoge ambitie geeft op een aantal manieren vorm aan dit innovatieprogramma:

- We zullen nog tientallen jaren fors zon en wind blijven toevoegen en ook daarna moeten er steeds systemen worden vervangen. In 2050 zal die markt een veelvoud van de huidige markt zijn. Daarom is het wenselijk te blijven investeren in breed toepasbare technologische innovaties, zoals goedkopere componenten, circulaire componenten, hogere omzettings-rendementen etc. Zon en wind zijn technisch volwassen technologieën, maar nog lang niet aan het eind van hun ontwikkeling. Gegeven de cruciale rol van energie in onze maatschappij is het wenselijk dat Nederland de hiervoor benodigde kennis en maakindustrie deels in eigen land onderhoudt en ontwikkelt. Deze innovatieopgave wordt beschreven in het deelprogramma *Technologieontwikkeling en industriële productie*.
- Zonne-energie en windenergie zullen op een groot areaal moeten worden gaan toegepast. Windenergie op land zal vooral in het buitengebied opgewekt worden, voor zonne-energie zijn er vele toepassingsgebieden mogelijk én noodzakelijk. Ieder van die gebieden heeft eigen innovatie-uitdagingen. Ook moeten de toepassingen in samenhang ruimtelijk worden ingepast en tot een veilig energiesysteem leiden. Dit heeft geleid tot een omvangrijk deelprogramma *Toepassingen zon en wind*.
- Snelle inpassing van grote hoeveelheden opgewekte elektriciteit in het energiesysteem is een enorme uitdaging. Netcapaciteit zal ondanks grote investeringen nog lang schaars blijven. Innovaties kunnen helpen om deze schaarse netcapaciteit beter te benutten. De inrichting van het systeem verandert van centraal naar decentraal met grotere autonomie voor gebouwen en gebieden. Ook de elektriciteitsmarkt zal moeten innoveren goed om te kunnen gaan met deze decentrale hernieuwbare opwek. Hier speelt ook de vraag hoe het energiesysteem rechtvaardig kan worden ingericht. Deze vragen worden ook opgepakt in MMIP5 en MMIP13, maar hebben ook raakvlakken met MMIP2. Dit heeft geleid tot het deelprogramma *Inpassing in het energiesysteem*.

⁵ "Alles uit de kast", werkgroep extra opgave

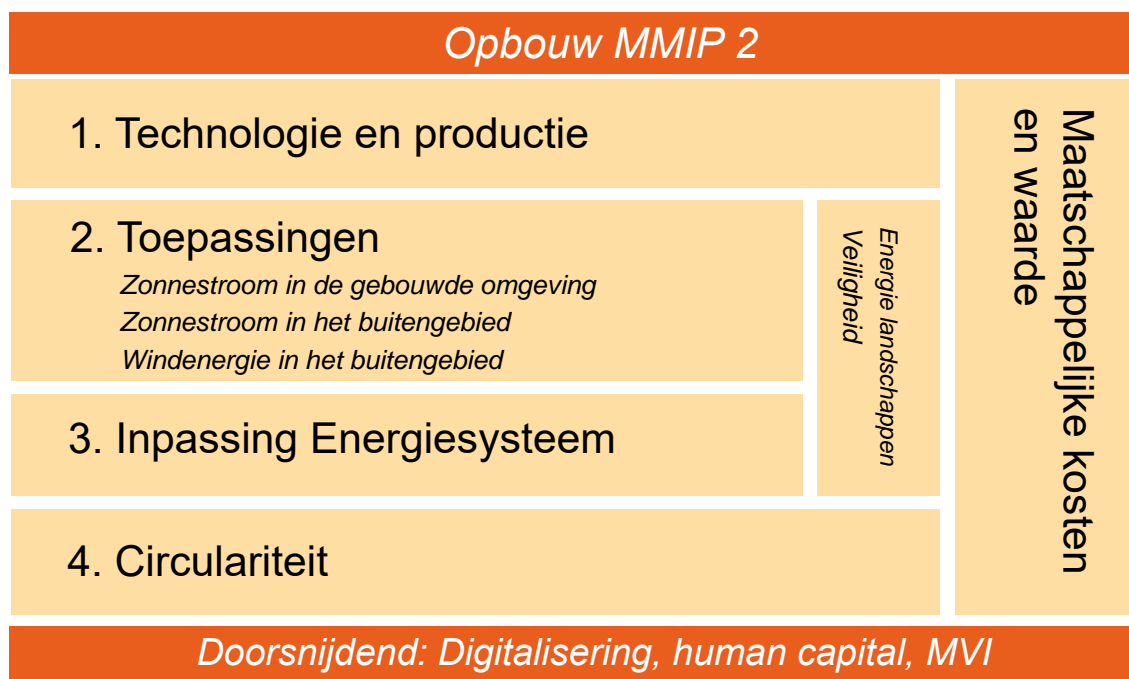


- De enorme materiaalstromen die de uitbouw van zon en wind met zich meebrengt maken het extra belangrijk te investeren in circulariteit, niet alleen van de zonnepanelen en windturbines zelf, maar van alle systeemcomponenten. Hier richt het deelprogramma *Circulariteit en Duurzaamheid* zich op.

Voor al deze uitdagingen geldt dat ze tot een energiesysteem moeten leiden met aanvaardbare (maatschappelijke) kosten. In ieder van de deelprogramma's is er daarom aandacht voor kosten. Ook geldt dat deze innovaties plaatsvinden in een context van toenemende digitalisering, schaarste van arbeidskracht en een verantwoordelijkheid naar de maatschappij om binnen ecologische en sociale grenzen te blijven.

Deze deelprogramma's staan niet op zichzelf. Ontwikkelingen op het gebied van technologie (bijvoorbeeld een hoger omzettingsrendement) hebben gevolgen voor de kosten en de ruimtelijk impact van toepassingsmogelijkheden. En circulaire innovaties kunnen een prijsopdrijvend effect hebben of het rendement verlagen. Het is zaak het programma en de daaruit voortvloeiende innovatie-activiteiten in samenhang te beschouwen.

In de figuur hieronder zijn de verschillende innovatiethema's van dit MMIP schematisch weergegeven:



4. Nederlandse Innovatie-inzet

Meerjarige missiegedreven aanpak

De MMIP's en daaruit voortvloeiende innovaties zijn een middel om maatschappelijke opgaves van het Klimaatakkoord en de daarin geformuleerde missies op termijn te realiseren. Missiegedreven innovatiebeleid richt zich op het aanpakken van maatschappelijke uitdagingen en op het benutten van de economische kansen.

Voor het realiseren van de (tussen)doelen voor 2030 uit het Klimaatakkoord zullen we in dit MMIP vooral de kennis en innovaties moeten ontwikkelen die al voorbij de laagste *technology readiness levels* (TRL's) zijn. Ook moeten we doorbouwen op de kennis die al is opgedaan en ontwikkelingen die al zijn gestart. Tegelijkertijd zijn geheel nieuwe innovaties op fundamenteel niveau van belang om invulling te geven aan de missies voor 2050. In elk deelprogramma worden kennis- en innovatie-vraagstukken benoemd, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen drie verschillende fases:

- 1 Onderzoeken (TRL 1-4);
- 2 Ontwikkelen (TRL 4-7);
- 3 Demonstreren en implementeren (TRL 7-9).

Daarnaast bevat elk deelprogramma een aantal niet-technologische thema's waarop kennisontwikkeling dient plaats te vinden. Deze zijn niet te vatten in een TRL-fase en worden als 'doorsnijdende' thema's gezien.

De verschillende kennis- en innovatievraagstukken in elk deelprogramma zijn gekozen vanwege hun beoogde bijdrage aan het bereiken van het missiedoel en de belangrijke tussendoelen in 2030. 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.



Deelprogramma 1 Technologieontwikkeling en industriële productie

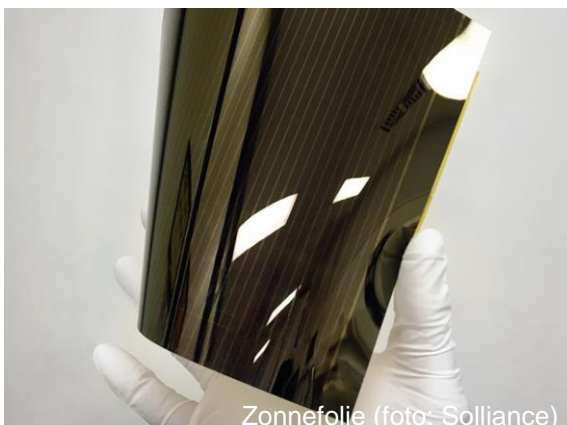
Zonnestroomtechnologieën en maakindustrie

De kennispositie van Nederland op het gebied van PV-technologie is al decennialang zeer goed; van funderend onderzoek naar nieuwe materialen en *devices* tot de ontwikkeling van geavanceerde technologieconcepten. Nederland behoort op verschillende gebieden al jaren tot de wereldtop, onder andere op het gebied van lichtmanagement, geavanceerde dunne lagen voor zeer efficiënte zonnecellen, nanomaterialen en -structuren, tandemtechnologie en *roll-to-roll* processen voor ultrasnelle productie van innovatieve zonnecellen.

Technologieën voor hernieuwbare opwekking van elektriciteit uit wind en zon zijn beschikbaar om te worden uitgerold, maar zijn nog lang niet aan het einde van hun ontwikkeling.

Ook speelt ons land een vooraanstaande rol op het gebied van nieuwe uitvoeringsvormen en geïntegreerde toepassingen van PV. De positie van Nederland (en Europa) in de mondiale PV-maakindustrie is de afgelopen tien jaar echter sterk veranderd. China domineert het productielandschap voor commerciële PV-technologieën en heeft haar positie op gebied van productieapparatuur sterk verbeterd.

Europa zet nu sterk in op opbouwen van nieuwe high-end productie van PV-panelen in Europa⁶. In Nederland is momentum ontstaan om een rol te pakken in deze nieuwe industrie door in te zetten op de productie van circulaire en *faire*⁷, geïntegreerde, hoog efficiënte zonnecellen en -modules. Onderzoek en innovatie op het gebied van PV-technologie is belangrijk om dit initiatief te ondersteunen, en om een voedingsbodemp voor nieuwe initiatieven te creëren. Fundamentele innovaties waarbij Nederland een belangrijke rol speelt, zoals functionele lagen voor silicium PV en andere absorber materialen, procesontwikkeling voor perovskiet en andere zonnefolies, tandemcellen en in de toekomst multi-cel-structuren voor rendementen boven de 30% tot mogelijk 40% , tweezijdig werkende panelen, driedimensionaal vormbare panelen en design- en gekleurde PV zijn bij uitstek *enablers* voor nieuwe, geïntegreerde toepassingen.



Zonnefolie (foto: Solliance)

In dit deelprogramma wordt, behalve op verdere kostenverlaging en opbrengstverhoging, sterk ingezet op het mogelijk maken van nieuwe, geïntegreerde toepassingen: *Beyond one size fits all*. Flexibiliteit in vorm, maat, uiterlijk, materiaal, gewicht en lichtdoorlatendheid, alsmede nieuwe systeemconfiguraties en circulariteit, zijn enkele van de bijbehorende thema's..

⁶ REpowerEU, 2022

⁷ Met 'fair' bedoelen we: eerlijk gemaakt - met respect voor mens en milieu en bereikbaar voor iedereen..



Programmatische aanpak

De innovatie-opgave op het gebied van zonnestroomtechnologieën kan worden onderverdeeld in de volgende, onderling samenhangende thema's:

- A. Nieuwe materialen en processen voor lichtabsorberende lagen en functionele coatings en structuren voor een hoog rendement en verder verbeteren van het milieuprofiel (reduceren of helemaal voorkomen van gebruik schaarse, strategische, giftige, energie-intensieve materialen); Dit betreft onder meer perovskieten als lichtabsorberend materiaal, passiverende lagen en encapsulanten
- B. Ontwerp en testen van geavanceerde zonnecellen, tandemstructuren, panelen en folies (samen: 'devices'); De nadruk op het bereiken van een zeer hoog rendement, en op het realiseren van extra eigenschappen die nodig zijn voor nieuwe toepassingen, zoals lichtdoorlatendheid, uiterlijk en flexibiliteit in vorm, maat, etc.
- C. Productieconcepten, -processen en -systemen voor zonnecellen, halffabricaten, panelen en folies (*batch* en *roll-to-roll*) en voor verbetering van duurzaamheid en circulariteit; Met als doel de opbouw van productiecapaciteit voor zonnecellen, procesbeheersing op nanometerschaal voor een snelle en kosteneffectieve massaproductie van flexibel vorm te geven halffabricaten, op maat gesneden multifunctionele componenten (voor bouw en constructie) en processen en apparatuur met een lagere ecologische voetafdruk. Levensduur, betrouwbaarheid en veiligheid vereisen onder meer kennis en beheersing van degradatieprocessen, maar ook het ontwikkelen van versnelde tests voor met name gecombineerde belasting en specifieke toepassingen. Duurzaamheid, ten slotte, vraagt om het gebruik van nieuwe materialen, ontwerpen en deelcomponenten die eenvoudiger en volledig hergebruikt kunnen worden aan het einde van hun levensduur.
- D. Functie-integratie van opwekking van zonnestroom in objecten en elementen ten behoeve van gebouwen, infrastructuur, landschap, water, vaar- en voertuigen, etc. C en D (en de stap richting toepassing) zijn verbonden via het concept van *mass customization*, waarmee volume en lage kosten in een minder complex fabricageproces kunnen worden gecombineerd met maximale flexibiliteit in de toepassing.
- E. Ontwikkelen van intelligentie op cel- en (sub-)modulenniveau voor het bevorderen van energetische inpassing, opbrengstmaximalisatie en veiligheid.

De ambities voor dit deelprogramma zijn:

- Kostenreductie van panelen/folies tot 0,10 EUR/Wp of minder in 2030;
- Rendementsverhoging van panelen/folies tot 25%-30% in 2030 en 40% of meer op lange termijn;
- Levensduurverlenging van panelen/folies tot 35 jaar of meer.
- Circulariteit bij Nederlandse zonne-energie-industrie geïmplementeerd: kleine ecologische voetafdruk, efficiënt materiaalgebruik, *design for recycling*.
- Zonnestroomtechnologie moet (waar relevant) integreerbaar zijn om zo toegevoegde waarde te leveren aan objecten en elementen.
- Hoge standaard op het gebied van betrouwbaarheid en veiligheid.



Windenergietechnologieën

De toepassing van windenergie op land vereist met name verbeterde inpassing in de omgeving en maatschappelijk draagvlak. Hiervoor is het noodzakelijk om onderzoek uit te voeren naar de ontwikkeling van turbines die minder impact hebben op de leefomgeving zoals verminderde geluidsproductie en verminderde zichtbaarheid.

Windenergie speelt een sleutelrol in de energietransitie. Innovaties op het gebied van de technologie én de wijze waarop die wordt toegepast zorgen voor lagere kosten en een hogere maatschappelijke waarde en zijn daarmee essentieel voor grootschalige toepassing.

Al meer dan veertig jaar worden er windturbinatechnologieën in Nederland ontwikkeld. Het windenergie-onderzoek heeft zich de afgelopen jaren vooral gericht op de ontwikkeling van offshore windvermogen. Veel innovaties voor offshore windvermogen worden ook toegepast voor gebruik op land. Zo is ook voor onshore windenergie de grootte van de turbines toegenomen, de efficiëntie vergroot en de robuustheid van de technologie toegenomen. Het onderzoek naar een verbeterde circulariteit van windturbines, zodat onder andere rotorbladen kunnen worden gerecycled, staat nog in de kinderschoenen.

Programmatische aanpak

Nederland behoort op belangrijke onderdelen tot de wereldtop in onderzoek naar windturbinatechnologie, windparktechnologie, onderhoud, installatie en logistiek. Ondanks dat er nauwelijks grote Nederlandse windturbinefabrikanten zijn, hebben grote buitenlandse fabrikanten vestigingen in Nederland (zoals GE, Vestas en Siemens), en zijn Nederlandse partijen belangrijke toeleveranciers van windturbinecomponenten. Er is in Nederland een grote sector bestaande uit adviesbureaus en bedrijven die zich richten op de ontwikkeling en bouw van windparken.

Doel van dit deelprogramma is het ontwikkelen van technische innovaties, proces- en systeeminnovaties en publiek engagement om de implementatie van windenergie in het buitengebied te faciliteren en te vergroten. De focus van dit deelprogramma ligt op uitdagingen die specifiek voor Wind op Land gelden en in mindere mate voor wind op zee. Het gaat hierbij met name om het ruimtelijk inpassen van windturbines, waarbij de impact op natuur en omgeving moeten worden verlaagd. Door multifunctionaliteit, esthetiek, functie-integratie, verbeterde betrouwbaarheid en veiligheid en een gereduceerde ecologische voetafdruk moet de toegevoegde waarde worden verhoogd. Een verminderde ecologische voetafdruk wordt bereikt door een meer circulair ontwerp door verminderd materiaalgebruik en toepassing van minder schaarse of schadelijke materialen, design voor recycling en het verbeteren van de recycling van de huidige generatie turbinebladen. Zie ook deelprogramma Circulariteit. Daarnaast moet windenergie beter worden ingepast in het energiesysteem, zie deelprogramma 3 energetische inpassing



Deelprogramma 2 Toepassingen zon en wind

Dit deelprogramma onderscheidt drie toepassingsgebieden: zonnestroomsystemen in de gebouwde omgeving, zonnestroomsystemen in het buitengebied en windparken in het buitengebied. Ieder van deze toepassingsgebieden heeft eigen uitdagingen.

DP 2a. Zonnestroomsystemen in de gebouwde omgeving

Het aantal zonnestroomsystemen in de gebouwde omgeving in stijgt snel. Eind 2022 heeft > 20% van de woningen zonnepanelen. Dit geldt ook voor BIPV-systemen (*Building Integrated Photovoltaics*). In zo'n systeem worden primaire gebouwschilfunctionaliteiten zoals stijfheid en sterkte, wind- en waterdichtheid, dak- en gevelbekleding gecombineerd met de opwekking van zonnestroom. Ook bieden BIPV systemen meestal meer mogelijkheden voor volledige dakbedekking en zijn esthetisch goed in te passen.



Dak-geïntegreerde zonnestroomsystemen
(foto: AERspire/Heijmans)

In Nederland zijn verschillende bedrijven aanwezig om deze snelgroeende markt te voorzien van mooie gebouwgeïntegreerde zonnestroomsystemen. In het veldtestlaboratorium SolarBEAT van TNO Energy Transition) zijn de afgelopen jaren nieuwe producten van meer dan vijftig bedrijven getest in een praktijkomgeving, in hun laatste stap richting marktintroductie. Via het Nationaal Consortium Zon op Gebouw en de stichting BIPV Nederland wordt meer

bekendheid gegeven aan deze nieuwe en nog relatief onbekende mogelijkheid. Technische innovaties op het gebied van veiligheid, kostenverlaging door verbeterde en flexibele productietechnologieën, gebruik van nieuwe en meer circulaire materialen, ontwerp voor recycling worden geïntegreerd in prefab concepten voor nieuwbouw- en renovatieprojecten. Dit leidt tot verdere adoptie van BIPV producten.

Naast residentieel vastgoed, is er ook veel maatschappelijk vastgoed zoals overheidsgebouwen en commercieel vastgoed zoals schuren, loodsen en kantoren in Nederland beschikbaar. Voor het agrarisch vastgoed is de SDE+-regeling samen met de regeling voor het vervangen van asbestdaken een goede stimulans om te versnellen. Voor eigenaren van klein commercieel vastgoed is de SDE+ vaak niet toepasbaar en zijn overige stimuleringsmaatregelen onbekend of te ingewikkeld. Een sluitende businesscase is dan lastig te maken. Voor het plaatsen van een zonnestroomsysteem op groot commercieel vastgoed is wel SDE+ beschikbaar en de business case is vaak wel te maken. Daar zijn de belangrijkste issues: split-incentives waarbij de eigenaar van het pand niet de gebruiker is (de baten komen dan dus niet terecht bij de investeerder), onvoldoende draagvermogen van de daken van de loodsen om een zonnestroomsysteem op te plaatsen en problemen met het aansluiten aan het net. Ook wordt zon op commercieel vastgoed nu veelal pand voor pand benaderd. Een gebiedsgerichte aanpak, bijvoorbeeld per bedrijventerrein kan veel effectiever zijn. Bij elkaar opgeteld zorgen deze issues bij sommige partijen voor de perceptie dat zon op grote daken veel 'gedoe' is. Dit totaalbeeld is een remmer van groei en verdient gerichte aanpak in dit MMIP.



Programmatische aanpak zon op woningen

Dit thema wordt in nauwe samenspraak met MMIP 3 en MMIP 5 vormgegeven.

Om de ontwikkeling van residentiële daken verder te versnellen zal meer aandacht moeten worden gegeven aan het voorlichten van eigenaren van woningen, zal de overheid het plaatsen van een zonnestroomsysteem moeten blijven stimuleren, en zullen de 'juiste' producten op de markt beschikbaar moeten komen. Dit MMIP richt zich, samen met MMIP3, met name op dit laatste punt. De belangrijkste innovatie-uitdagingen voor zonnestroomsystemen op woningen zijn:

Functionele en esthetische integratie van zonnestroomsystemen is een sleutel voor grootschalige toepassing in de gebouwde omgeving..

A. Multifunctioneel ruimtegebruik, functie-integratie, en esthetische inpassing

Om blijvend draagvlak voor zonne-energie op gebouwen te behouden moet de zonnestroomfunctie optimaal esthetisch en functioneel wordt geïntegreerd in een bouwelement. Er worden drie fases van integratie onderscheiden:

- (1) het stapelen van de zonnestroomfunctie op een bouwelement (geen integratie),
- (2) het toevoegen van een zonnestroomlaminaat aan de buitenkant van een bouwelement (enkelvoudige integratie)
- (3) het volledig integreren van de zonnestroomfunctie in een bouwelement

De belangrijkste innovatie-uitdagingen om van fase 1 naar fase 3 te komen zijn:

- het optimaal integreren van de opwekfunctie met klassieke functies zoals isolatie, stijfheid, sterkte, wind- en waterdichtheid matchen van levensduur van de opwekfunctionaliteit en de klassieke functies
- materiaalgebruik;
- kleur-, textuur-, vorm- en maatflexibiliteit;
- proceskeuzes wat betreft de productie, installatie en demontage;
- ontwikkelen test normen om betrouwbaarheid aan te tonen
- schaarste, ecologische voetafdruk en circulariteit van de gebruikte materialen.
- ontwerpen van elektronica om gebouw geïntegreerde PV elementen van verschillende vormen, groottes en onder verschillende schaduwomstandigheden met elkaar in strings te integreren

B. Verlagen van de kosten en het verbeteren van de maatschappelijke business-case

De kosten voor het integreren van de zonnestroomfunctie in een bouwelement zijn een belangrijk onderdeel van het verder verlagen van de systeemkosten. Daarnaast moet er aandacht zijn voor de transport- en installatiekosten van het systeem, de kosten voor exploitatie en onderhoud, en de kosten voor ontmanteling en hergebruik van (onderdelen van) het systeem.

De ontwikkeling van verbeterde opbrengstmodellen, digital twinning en toepasbaarheid van elementen met zonnestroomfunctie in gangbare BIM-systemen is noodzakelijk voor verdere adoptie van BIPV in de bouwwereld. Ook moeten de producten industrieel worden geproduceerd zodat de montage en installatie op de bouwplaats eenvoudig, snel en met weinig fouten verloopt.



De integratie van de zonnestroomfunctie in een bouwelement, de speciale esthetische eisen en de minder ideale plaatsing op een gebouw kunnen de opbrengst van het systeem negatief beïnvloeden. Verder kunnen de mechanische- en thermische effecten (als gevolg van het integreren in het bouwelement) en de keuze van de materialen van invloed zijn op de kwaliteit en levensduur van de zonnestroomfunctie. Bij het ontwerpen is het dus de uitdaging om rekening te houden met de eigenschappen van de zonnestroom- en bouwfunctie en daar optimaal gebruik van te maken.

De waarde van zonnestroom is niet alleen in geld uit te drukken. Het gaat bijvoorbeeld ook om de waarde voor de gebruiker die onafhankelijk wil zijn van een energieleverancier, de esthetische waarde van een zonnestroomsysteem, etc. In dit MMIP wordt daarom ook gezocht naar nieuwe manieren om de waarde van zonnestroom uit te drukken..

C. Optimale integratie in het energiesysteem en lokale flexibiliteitsoplossingen

Zonnestroom is een variabele energiebron. Het is mogelijk dat de waarde op het moment van opwekken heel laag of zelfs negatief is, en dat er additionele kosten moeten worden gemaakt om de onbalans tussen vraag en aanbod op te vangen. Dit kan betekenen dat de zonnestroom op dat moment beter niet kan worden opgewekt (curtailment) of dat de elektriciteit het beste kan worden opgeslagen (in een batterij) of worden geconverteerd naar een andere energiedrager (bijvoorbeeld waterstof). Al deze maatregelen verhogen de kosten of verlagen de baten van het systeem. Het verlagen van de kosten van opslag en conversie zal de business case sterk verbeteren.

In MMIP 5, *elektrificatie van het energiesysteem in de gebouwde omgeving* wordt uitgebreid ingegaan op de wisselwerking van zonnestroomsystemen met andere apparatuur bij woningen zoals elektrische auto's, thuisbatterijen en warmtepompen via gebouwbeheersystemen. Daarbij worden zowel de technische uitdagingen als de koppeling met energiemarkten beschreven.

D. Het garanderen van de kwaliteit en (brand)veiligheid van het systeem

Om het potentieel van zonnestroomsystemen in de gebouwde omgeving optimaal te benutten moet een aanzienlijke versnelling van het implementatieproces worden doorgevoerd, met behoud, en waar mogelijk, verbetering van de installatiekwaliteit. In dit proces is een belangrijke rol weggelegd voor de opleidingsinstellingen, namelijk door het ontwikkelen van passende opleidingscurricula en het aanbieden van voldoende opleidingsplaatsen door heel Nederland. Zie hiervoor ook doorsnijdend thema 3.3 Human Capital.

Het verbeteren van de kennis rondom veiligheidsaspecten van geïntegreerde zonnestroomproducten en de cyberveiligheid van omvormers en andere randapparatuur is van belang bij een verdere toename van het aantal zonnestroomsystemen.

E. Integrale duurzaamheid en recycling

In het ontwerpproces en bij de materiaalkeuze moet al rekening worden gehouden met integrale duurzaamheidsaspecten zoals beschikbaarheid, herbruikbaarheid en de ecologische voetafdruk van de gebruikte materialen en het uiteindelijke systeem (design for sustainability). Zie ook deelprogramma 4 Circulariteit.



Programmatistische aanpak Zon op utiliteitsgebouwen

Om het enorme potentieel van zonnestroomsystemen op utiliteitsgebouwen te kunnen benutten is het belangrijk om eigenaren van utiliteitsgebouwen te betrekken bij de energietransitie in Nederland. Informatievoorziening bijvoorbeeld in de vorm van een 'energiebericht,' kan helpen om de betrokkenheid en bereidheid om actief te participeren in dit deel van de transitie verder te vergroten. Normering (verplichting) van zon op utiliteitsgebouwen is een andere aanpak die snel effect kan sorteren. De EU en Nederland werken actief aan een normering voor zon op utiliteitsgebouwen.

Veel gebouweigenaren zien het investeren in een zonnestroominstallatie niet als een prioriteit bij het beheer van hun pand. Daarom wordt het merendeel van de commerciële daken ontwikkeld door projectontwikkelaars middels verhuur van het dak of middels een leaseconstructie. Een knelpunt van leaseconstructies is dat een leveringscontract

De gebouwde omgeving leent zich bij uitstek voor grootschalige toepassing van zonnestroomsystemen. Het potentieel is groot en meervoudig gebruik van de ruimte is inherent.

voor zelfconsumptie met de gebruiker van de stroom op kWh-basis op dit moment niet is toegestaan. Door het verbruik als zelfconsumptie aan te merken hoeft er geen energiebelasting te worden betaald over de afgenomen stroom. Als dit probleem in de wet wordt opgelost zal het potentieel van grote commerciële daken sneller worden benut.

Verder zullen de zonnestroomsector, de installatiesector en de bouwsector veel nauwer moeten gaan samenwerken om klanten te informeren over de innovatieve oplossingen die op de markt beschikbaar zijn en de voordelen die deze oplossingen bieden. Hierbij dient ook actief gezocht te worden naar koppelkansen met de verduurzaming van het gebouwenbestand. Een energetische renovatie van een gebouw opent vaak mogelijkheden voor het toepassen van een zonnestroomsysteem.

De belangrijkste innovatie-uitdagingen voor zonnestroomsystemen op utiliteitsgebouwen zijn:

A. Bevestiging van het systeem en constructieve beperkingen van het gebouw

Ook bij commercieel vastgoed met een grootverbruikersaansluiting is BIPV een relevant thema. Aanleiding om de zonnestroomfunctie te integreren in de dak- of gevelbekleding is in dit geval echter niet zozeer de esthetische kant, maar vooral om een oplossing te ontwikkelen voor daken met een beperkt draagvermogen of om het zonnestroomsysteem op goedkopere of kwalitatief betere wijze te bevestigen. Om die reden worden in dit deelprogramma innovatieve bevestigingsconstructies en installatietechnieken ontwikkeld voor losse panelen en geïntegreerde dak- en gevelelementen waarmee tevens zonnestroom kan worden opgewekt. Voor gevelelementen zijn uiteraard ook esthetische aspecten van belang.

B. Verlagen van de kosten en het verbeteren van de business-case

Voor het verder verlagen van de BOS-kosten van grote zonnestroomsystemen op daken is het verder verlagen van de mechanische en elektrische installatiekosten belangrijk.



Nieuwe installatietechnieken en onderconstructies die met behoud van mechanische stabiliteit, verbeterd gemak van installeren mogelijk maken, kunnen hier aan bijdragen. Ook kan een gebiedsgerichte aanpak projectkosten per pand reduceren. Door lokaal verbruik te stimuleren, bijvoorbeeld via laadpleinen voor werknemers, kan het eigen verbruik verhoogd worden en daarmee de waarde van de opgewekte stroom.

C. Optimale integratie in het energiesysteem en lokale flexibiliteitsoplossingen

Op dit moment is een van de belangrijkste belemmeringen voor een versnelling van de uitrol van grootschalige zonnestroomsystemen in de gebouwde omgeving de aansluit- en transportcapaciteit van het elektriciteitsnet in Nederland. Met stimulerende maatregelen om zelfconsumptie, opslag en conversie te bevorderen, kan deze belemmering het snelste uit de weg worden geruimd.

Een voordeel van commercieel vastgoed met een grootverbruikersaansluiting is dat er vaak veel ruimte beschikbaar is om zonnestroom op te wekken, en dat er ter plekke ook een gebruiker van deze zonnestroom is. Uitdaging bij het aanleggen van dergelijke systemen is dat het zonnestroomsysteem vaak niet terug kan leveren aan het elektriciteitsnet, vanwege beperkte transportcapaciteit. Een belangrijk ontwikkelthema is daarom om oplossingen te ontwikkelen om zelfconsumptie te vergroten (smart energy management) en om vraag en aanbod te kunnen ontkoppelen, bijvoorbeeld middels opslag of conversie. Een gebiedsgerichte aanpak kan ook hier grote voordelen bieden. Zie ook deelprogramma 3 Energetische inpassing en MMIP 5.

D. Het garanderen van de kwaliteit en (brand)veiligheid van het systeem

Om het potentieel van zonnestroomsystemen in de gebouwde omgeving optimaal te benutten moet een aanzienlijke versnelling van het implementatieproces worden doorgevoerd, met behoud, en waar mogelijk, verbetering van de installatiekwaliteit. In dit proces is een belangrijke rol weggelegd voor de opleidingsinstellingen, namelijk door het ontwikkelen van passende opleidingscurricula en het aanbieden van voldoende opleidingsplaatsen door heel Nederland. Zie hiervoor ook doorsnijdend thema Human Capital.

Verdere kennis van het cyberveiligheid is van belang voor de veilige groei van zonnestroomsystemen in de gebouwde omgeving.

E. Integrale duurzaamheid en recycling

In het ontwerpproces en bij de materiaalkeuze moet al rekening worden gehouden met integrale duurzaamheidsaspecten zoals beschikbaarheid, herbruikbaarheid en de ecologische voetafdruk van de gebruikte materialen en het uiteindelijke systeem (design for sustainability). Zie ook doorsnijdend thema 3.5 Circulariteit.



Zon op infra

De fysieke infrastructuur biedt een groot, maar tegelijk divers en vaak complex potentieel aan oppervlak voor de plaatsing van zonnestroomsystemen.

'Functiecombinatie' en 'integratie' zijn inherent aan dit segment, aangezien de primaire functie van de infrastructuur altijd behouden moet blijven. Op dit moment wordt de toepassing vooral gekenmerkt door pilots en demonstraties; grootschalige uitrol vindt alleen nog plaats bij solar carports.

De oprichting van het Nationaal Consortium Zon op Infra is bedoeld om in dit segment snelheid en volume te realiseren. Enkele in het oog springende voorbeelden van toepassingen zijn: geluidschermen met zonne-energie zoals langs de A50 (Solar Highways), zonneparken in de berm van weg- en railinfrastructuur zoals langs de A37

en de A6, wegdek met zonnestroomfunctie zoals bij Krommenie, Spijkenisse en Schiphol, overkappingen van onder andere parkeerplaatsen met zonnestroom-opwekfunctie zoals bij de Beatrix International Airport op Aruba en zonneparken op stortplaatsen, dijken en wallen zoals bij Middelburg.



Proefvak SolaRoad bij Spijkenisse

Programmatische aanpak

Zon op Infra richt zich specifiek op zonnestroomsystemen in en langs rail-, weg- en waterwegen (inclusief geluidschermen), overkappingen van onder andere parkeerplaatsen met een zonnestroom-opwekfunctie en zonnestroomsystemen op dijken, wallen en vuilstortplaatsen.

Een raakvlak tussen de energiesector en infra is de laadvoorziening voor rijden op elektriciteit. Deze nieuwe laadvoorzieningen zullen extra energie-infrastructuur nodig hebben, zoals zware elektriciteitskabels naar de elektrische oplaadpunten. Door bij de weg- en waterwegen ook zonnestroomsystemen te plaatsen, zal het mogelijk zijn om de zware elektriciteitskabels dubbel te gebruiken: voor het afvoeren van zonnestroom en voor het toevoeren van stroom voor het laden van voertuigen.

Voor grootschalige implementatie van Zon op Infra zal een reeks aan juridische aspecten aan de orde komen en moeten worden aangepast. Verder is van belang dat overheden, als beheerders van infrastructuur of mobiliteitsproviders, ook enablers worden van duurzame energieopwekking. Hiervoor zullen nieuwe kaders en een (financieel) instrumentarium moeten worden ontwikkeld en getoetst. Maatschappelijke legitimatie is daarbij gelegen in het efficiënt gebruik van de openbare ruimte en de maatschappelijke waarde van de openbare ruimte.



Zon op Infra-oplossingen realiseren de opwekking van duurzame stroom door dubbel gebruik van het oppervlak, dus zonder een beslag te leggen op schaarse ruimte. Als de kosten aanvaardbaar zijn, kunnen deze oplossingen naar verwachting bijna zeker rekenen op maatschappelijk enthousiasme.

A. Verlagen van kosten en het verbeteren van de business case

Optimaliseren van de businesscase met oog voor de wensen, eisen en randvoorwaarden die volgen uit de primaire functie van de betreffende infrastructuur, zoals geluidswering, waterkering, afdekking, esthetiek, ecologie, interactie met omliggende natuur, etc. Een gedoseerde toename van de marktomvang zal leiden tot integrale kostprijsverlagingen en een groeiend aantal innovatieve toepassingscategorieën en ontsloten locaties. Het uitvoeren van praktijktesten zijn cruciaal in dit proces. Op basis van deze aanpak zal Zon op Infra dan ook snel interessant worden voor projectontwikkeling en private projectfinanciering. Echter: bij deze toepassing zal het niet alleen maar om kosten gaan; andere maatschappelijke waarden zijn van doorslaggevend belang. Daarom is er behoefte aan een andere vorm van businesscase-ontwikkeling gebaseerd op financiële en niet-financiële parameters.

B. Multifunctioneel ruimtegebruik en functie-integratie

Voor toepassing van zonnestroomsystemen in de infrastructuur gelden hoge eisen aan het mede ruimtegebruik. De primaire functie van de betreffende infrastructuur mag niet in het geding komen. Voor systemen in bermen gelden met name ecologische en esthetische integratie. Voor systemen in bijvoorbeeld geluidsweringen dient ook rekening gehouden te worden met de gewijzigde geluidswaerkaatsing door de panelen. En voor integratie binnen het voor voertuigen berijdbare terrein, in het wegdek of als overkapping gelden hoge eisen op alle vlakken.

C. Levensduur, betrouwbaarheid en robuustheid verhogen

Het verlengen van de levensduur van het systeem door het verminderen van de kwetsbaarheid voor externe invloeden. Belangrijkste innovatie-uitdagingen hierbij: het beperken van levensduur-verkortende omstandigheden zoals mechanische belasting (bij gebruik in het wegdek), corrosie (waterdichtheid), thermische belastingen (koeling), en vandalisme.

D. Het garanderen van de kwaliteit en veiligheid van het systeem

Het garanderen van de veiligheid bij installatie en gebruik. Zo moet de veiligheid van weggebruikers worden geborgd, bijvoorbeeld door het voorkomen van hinderlijke lichtreflectie (schittering) door de zonnepanelen en snelle afschakeling in het geval van beschadiging. Ook moet de betrouwbare werking worden geborgd van huidige en toekomstige (IT)-systemen langs de rail-, weg- en waterwegen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan detectielussen en matrixborden. Deze systemen mogen geen hinder ondervinden van de elektrische en magnetische velden die zonnestroomsystemen kunnen opwekken. Ook de veiligheid van gebruikers en hulpdiensten bij calamiteiten is van groot belang. Voor het zonnewegdek is het belangrijk dat de remweg niet langer wordt, dat de afwatering goed is en dat het bandengeluid niet toeneemt.



DP 2b. Zonnestroomsystemen in het buitengebied

Zonnestroomsystemen op grote schaal in het buitengebied plaatsen kan alleen als het systeem (1) betaalbaar is, (2) functioneel, esthetisch en ecologisch geïntegreerd is en (3) op maatschappelijk enthousiasme kan rekenen (draagvlak).

Dit betekent dat er dus nieuwe concepten

en oplossingen ontwikkeld en gedemonstreerd moeten worden voor het ontsluiten van nieuw areaal in Nederland en daarbuiten. Dat nieuwe areaal betreft onder andere gronden die bestemd zijn of waren voor landbouw of veeteelt, binnenwateren (inclusief het IJsselmeer) die ook gebruikt worden voor recreatie, binnenvaart en visserij, spaarbekkens die ook gebruikt worden voor opslag en zuivering van drinkwater, zandwingebieden, vuilstortlocaties, dijken, wallen, wegen, spoorbanen, bermen en geluidsschermen. Hierbij is steeds de uitdaging om de functie van stroomopwekking effectief en efficiënt te combineren met de primaire functie van het areaal (zoals landbouw, veeteelt, bescherming tegen water, geluidswering, drinkwater, wegverkeer, recreatie, etc.).

Ruimtelijke en ecologische kwaliteit zijn belangrijke (randvoor)waarden bij de toepassing van zonnestroomsystemen in het buitengebied.

Doordat Nederland een relatief dichtbevolkt land is, is de druk op de beschikbare ruimte altijd al hoog geweest. Hierdoor is er een goede thuismarkt ontstaan voor zonnestroominnovaties op het gebied van ruimtelijke integratie en meervoudig ruimtegebruik. Sinds kort is hier een belangrijk aspect bijgekomen, namelijk de vraag hoe een zonnestroomsysteem ook ecologisch optimaal is in te passen in zijn omgeving. Wereldwijd is er nog relatief weinig kennis beschikbaar over de impact van een zonnestroomsysteem op de natuurwaarde, zowel op land als op water. Mede dankzij

Het buitengebied biedt grote mogelijkheden voor toepassing van zonnestroomsystemen met maatschappelijk enthousiasme, als de vele mogelijkheden voor integratie en functiecombinatie worden benut.

haar uitstekende startpositie zal Nederland, ook internationaal, een belangrijke rol spelen bij het nader invullen van dit kennishiaat. De recente vorming van de Nationale Consortia Zon in Landschap, Zon op Water en Zon op Infra, waarin vele tientallen stakeholders samenwerken op het gebied van innovatie en implementatie, is zowel uniek in de wereld als tekenend voor de integrale aanpak die ons land op dit gebied hanteert

De kosten van zonnestroom (*Levelized Cost of Electricity*, LCoE) uit grote 'standaard' zonneparken (>250 kWp) in Nederland, liggen op dit moment gemiddeld ongeveer op 60 EUR/MWh. Uit een studie van Ecofys/Navigant in opdracht van de NVDE blijkt dat deze kosten naar verwachting in 2030 zullen zijn gedaald naar 50 EUR/MWh (spreiding 40-60). Voor 2050 is het kostenperspectief ruwweg 20-30 EUR/MWh⁸.

⁸ Op basis van de verwachting dat LCoE in zonnige gebieden naar (minder dan) 10 EUR/MWh zal dalen.



Zon in landschap

Op dit moment worden de meeste zonneparken in het buitengebied zodanig ontwikkeld dat het areaal alleen maar wordt gebruikt om zonnestroom op te wekken. In een groeiend aantal gevallen wordt er geëxperimenteerd met meervoudig landgebruik waarbij het areaal naast de functie van zonnestroomopwekking ook nog een andere functie heeft, zoals recreatie, landbouw of veeteelt. Ook veiligheid rondom dat soort zonneparken is belangrijk. Er is in de markt grote behoefte aan bruikbare informatie over de relatie tussen de energieopbrengst van het zonnepark en de esthetiek, de natuurwaarde, de gewasopbrengst en het beheer. Denk aan relevante (herhaalbare) en inspirerende voorbeelden en kennis over veel verschillende zaken zoals geslaagde integratie van zonne-energie in het landschap, het proces van participatieve planvorming (hoe zijn bewoners en anderen betrokken), (randvoorwaarden voor) biodiversiteit en bodemkwaliteit en gewasgroei, mogelijkheden om CO₂-emissies uit bijvoorbeeld veengebieden te voorkomen door waterhuishouding, gebruik van duurzamere materialen voor onder andere de constructie van de zonneparken, financiële consequenties (LCOE, €/kWh) van keuzes in proces/ontwerp en beheer van zonneparken en behulpzame of juist belemmerende wet- en regelgeving.

Er is vaak sprake van tegengestelde eisen en wensen: hoge opbrengst, meervoudig landgebruik, landschappelijke inpassing, behoud of verhogen van de natuurwaarde en enthousiasme onder omwonenden. Computermodellering die zowel de opbrengst van het zonne-energiesysteem als gewasopbrengst kan combineren ondersteunt hierbij. Voor het opzetten, kwalificeren en valideren van die modellen is nog veel onderzoek nodig. Bij de besluitvorming voor het afgeven van een vergunning is er grote behoefte aan handvatten en richtlijnen om voor specifieke locaties tot een optimale afweging te komen van deze kwaliteiten. Maar het is ook belangrijk om de keuze voor een zonnepark af te laten hangen van de locatie in plaats van de locatie zoveel mogelijk aan te laten sluiten op het geplande zonnepark.



Solarpark De Kwekerij, Hengelo (foto: Henk-Jan van der Veen)



Een groot aantal partijen die op dit moment actief zijn (of willen worden) op het gebied van zonnestroomparken in het landschap, hebben recent hun krachten gebundeld in het Nationaal Consortium Zon in Landschap. Dit netwerk van organisaties bestaat uit partijen uit de platina vierhoek van bedrijven (projectontwikkelaars, adviseurs, ontwerpers, financiële instellingen, etc.), kennisinstellingen (op het gebied van duurzame energie, landschap en natuur), NGO's (brancheorganisaties, natuur- en milieuorganisaties, landbouworganisaties, etc.) en overheidsinstellingen (landelijk, regionaal en lokaal). Dit nationale consortium heeft als doel om de grootschalige toepassing van zonne-energie in Nederland te ondersteunen. Dit doet het door te stimuleren dat de integratie van zonne-energie in het landschap als ontwerpogave wordt gezien en door ervoor te zorgen dat de uitvoering ervan zorgvuldig en verantwoord – met bewoners en andere stakeholders – plaatsvindt. Het consortium doet dit onder meer door kennisdeling en communicatie, door het ontwikkelen van nieuwe kennis, door het uitwisselen van best practices en het opzetten van innovatieprojecten. Het consortium staat open voor elke partij die deze doelen onderschrijft en vormt een uitstekende basis voor het verder uitwerken en uitvoeren van dit deel van het MMIP.

Programmatische aanpak

De belangrijkste innovatie-uitdagingen voor het ontwikkelen van zonnestroomsystemen in het landschap zijn:

A. Kostenreductie en het verbeteren van de business case

Belangrijke onderzoeksvragen in dit deelprogramma zijn: Wat zijn optimale systeemontwerpen? Hoe kan de energieopbrengst worden gemaximaliseerd binnen de randvoorwaarden van esthetiek, natuurwaarde, meervoudig ruimtegebruik, duurzaamheid, etc.? Er zal speciale aandacht worden besteed aan het ontwikkelen van een eenduidige methodiek om meervoudige businesscases te evalueren. Hoe kan de waarde van opgewekte stroom worden gemaximaliseerd door bijvoorbeeld combinaties met windenergie, energieopslag, -conversie en/of -management, door modificaties aan het systeemontwerp, door directe koppeling met afnemers of het leveren van (betaalde/financieel gewaardeerde) ecosysteemservices? Wat zijn optimale strategieën voor onderhoud en beheer van het zonnestroomsysteem? Hoe kunnen de kosten voor installatie worden teruggebracht door bijvoorbeeld toepassing van robots?

B. Multifunctioneel ruimtegebruik en functie-integratie

Het streven is om een zonnestroomsysteem waar mogelijk juist een positieve ruimtelijke impact te laten hebben. Onderzoeksvragen betreffen onder meer: Welke andere functies met meerwaarde zijn mogelijk en op welke schaal? Hoe kunnen agrarische ondernemers produceren in combinatie met de opwekking van zonnestroom (eventueel tijdelijk)? Welke mogelijkheden zijn er om tegelijkertijd de natuurwaarde en de biodiversiteit te vergroten (zie ook volgende paragraaf)? Welke functiecombinaties kunnen worden gemaakt met waterbeheer en waterbuffering?

Het realiseren van aansprekende en representatieve proef- en voorbeeldprojecten in combinatie met modellering (gecombineerde modellen voor zonne-energie opbrengst en gewasopbrengst in de vorm van digital twins) vormen een essentieel onderdeel van dit



deelprogramma. Het is essentieel om al tijdens het ontwerpen nauw samen te werken met de andere gebruikers van het areaal om uiteindelijk tot een goed ontwerp te komen. Succesvolle concepten waarbij meerwaarde praktisch is aangetoond zullen als icoonprojecten worden gepresenteerd.

In plaats van het zonnepark zo veel mogelijk aan het oog te onttrekken kan ontworpen worden om optimaal past in de omgeving te passen. Denk hierbij aan het gebruik van kleur, afbeeldingen, nieuwe ritmes of juist afwisseling. Een nauwe samenwerking tussen ontwikkelaars van nieuwe technologieën, productontwerpers en landschapsarchitecten is essentieel om tot een passende oplossing te komen. Hierbij wordt nadrukkelijk de samenwerking gezocht met CLICKNL, stimuleringsfonds CI, BNA en landschapsarchitecten.

Er dient ook aandacht besteed te worden aan het concept tijdelijkheid: voor hoe lang wordt een zonnepark en de bijbehorende netinfra verwacht te bestaan? Is het mogelijk semi-verplaatsbare installaties te ontwikkelen? Wat is de invloed hiervan op het maatschappelijk draagvlak?

Behalve optimale ruimtelijke en ecologische inpassing op een bepaalde locatie is ook de locatiekeuze zelf een belangrijk thema. Daarbij spelen de al dan niet beschikbare netinfrastructuur en de capaciteit daarvan, de eventuele aanwezigheid van gebruikers, van windturbines, etc. een rol. 'Optimale integratie' vraagt dus een aanpak langs verschillende dimensies. Het afwegen van zeer verschillende waarden en belangen vraagt een kader dat nog niet kant-en-klaar beschikbaar is, maar waaraan inmiddels door verschillende partijen wordt gewerkt met de RES'sen en NP RES als belangrijke spelers.

C. Biodiversiteit en natuurwaarde optimalisatie

De natuurwaarde rond het zonnestroomsysteem moet zo min mogelijk negatief beïnvloed worden en het streven is zelfs om een positieve impact op de natuurwaarde hebben. De invloed van het systeem op de belichting en bewatering eronder en op de biodiversiteit en bodemkwaliteit zijn van groot belang. Een relevante definitie van 'natuurwaarde' zal moeten worden opgesteld en vertaald naar meetbare eigenschappen. Daarbij horen ook het opstellen toepassen van meetprotocollen (voor en na installatie) om het effect op de natuurwaarde te bepalen. Langjarige monitoring van zonneparken met variaties in systeemontwerpen, arealen en natuurbeheerstrategieën, zal uiterst waardevolle en bruikbare informatie opleveren. Speciale aandacht dient uit te gaan naar cumulatieve effecten op ecologie. Van windparken en zonneparken op dezelfde plek, of van nabijgelegen andere zonneparken of windparken. Op dit moment is hierover nog weinig kennis beschikbaar maar in dit MMIP wordt een groot gedeelte van de hiervoor benodigde kennis gegenereerd. Nu de eerste projecten op dit thema van start zijn gegaan wordt duidelijk dat een gedegen ecologieprogramma het projectniveau overstijgt. Er is behoefte aan langjarig programma met zekere financiering. Dit geldt niet alleen voor zon in landschap, maar ook voor zon op water, zon op infra waar het groene bermen en dijken betreft en wind op land. Het WOZEP (Wind op zee ecologisch programma) kan daarbij als voorbeeld dienen.



D. Energetische inpassing

Op dit moment is een belangrijke belemmering voor een versnelling van de uitrol van grootschalige zonnestroomsystemen in Nederland de aansluit- en transportcapaciteit van het elektriciteitsnet. Met stimulerende maatregelen om opslag en conversie te bevorderen, kan deze belemmering het snelste uit de weg worden geruimd. In deelprogramma 3 wordt hier uitgebreid op ingegaan. Voor zon in landschap is speciale aandacht nodig voor het spanningsveld tussen ruimtelijke integratie en energetische inpassing. Een keuze voor extensieve parken met ruimte voor natuur gaat gepaard met een lagere paneeldichtheid, relatief hogere grondkosten en vaak wordt voor een zuid-opstelling gekozen op de opbrengst per paneel te optimaliseren. Dit leidt echter tot hogere productiepieken dan bijvoorbeeld een oost-west opstelling. Een integrale afweging van deze factoren is belangrijk om tot het juist systeemontwerp te komen

E. Integrale duurzaamheid en recycling

Het zonnestroomsysteem moet van een zo hoog mogelijke kwaliteit zijn, waarbij strenge eisen worden gesteld aan materiaalkeuzes (zo min mogelijk schaarse materialen gebruiken) en aan circulariteit (de gebruikte materialen moeten zo veel mogelijk herbruikbaar zijn). Hiervoor wordt nadrukkelijk de samenwerking gezocht met de KIA Circulaire Economie. Daarnaast dient bij het ontwerpen van het zonnestroomsysteem ook aandacht te worden besteed aan veiligheid, robuustheid en betrouwbaarheid. In het MMIP zullen bestaande normen en certificeringseisen als uitgangspunt worden genomen of, indien nog niet beschikbaar, zal worden bijgedragen aan de totstandkoming ervan, zodat concreet kan worden gewerkt aan de ontwikkelingen en innovaties die nodig zijn eraan te voldoen.

F. Maatschappelijke draagvlak

Alle bovenstaande integratie-aspecten zijn van belang om enthousiasme te creëren en te behouden bij alle betrokken partijen (grondeigenaar, beheerder, projectontwikkelaar, exploitant, omwonenden, etc.). Het is van groot belang dat alle informatie op de juiste manier met alle betrokkenen wordt gecommuniceerd en dat betrokkenen invloed kunnen uitoefenen op het ontwerp van een park. Dit zou bijvoorbeeld middels co-creatiesessies kunnen worden gedaan. Het ontwikkelen van de juiste communicatie-strategieën om alle betrokkenen optimaal te betrekken in het proces en enthousiast te krijgen en te behouden is ook onderdeel van dit MMIP. Ondanks aandacht in het programma en het bijbehorende instrumentarium voor dit thema blijkt het in de praktijk weerbarstig om burgers te enthousiasmeren voor hernieuwbare opwek projecten in het buitengebied. Bestaande succesverhalen en voorbeeldprojecten kunnen nog beter ingezet worden om betrokkenen te inspireren.



Zon op water

Japan en China lopen wereldwijd voorop ten aanzien van het aantal geïnstalleerde drijvende zonnestroominstallaties en het cumulatief geïnstalleerd vermogen van drijvende zonneparken. Deze systemen zijn veelal gebouwd op ondiepe wateren met weinig golven. Nederland loopt daarentegen voorop als het gaat om innovatieve systemen voor moeilijkere wateren (wat betreft golf- en windbelasting), en in onderzoek naar aspecten zoals ecologie, waterkwaliteit en multifunctionaliteit. De oprichting van het Nationaal Consortium Zon op Water heeft hier een grote bijdrage aan geleverd en zal zorgen dat Nederland zich snel verder zal ontwikkelen op dit gebied.



Drijvend zonnepark op zandwinplas, Tynaarlo (foto: Groenleven)

Het Nationaal Consortium Zon op Water (een initiatief van TNO en RWS) bevordert innovatie en implementatie van zonnestroomsystemen op of in binnenwateren en uiteindelijk ook op zee, met maatschappelijk enthousiasme en oog voor ecologische waarden als belangrijke randvoorwaarden. Binnen het Nationaal Consortium Zon op Water werken overheden (nationaal, regionaal, en lokaal), belangenorganisaties, kennisinstututen, eigenaren en beheerders van water, projectontwikkelaars, adviseurs, installateurs en ingenieurs, investeerders en netbeheerders samen aan een versnelling van innovatie en implementatie van zon op water in Nederland.

Inmiddels is er in Nederland voor meer dan 200 MWp aan commerciële drijvende zonnestroomprojecten gerealiseerd. Daarnaast wordt er in een groot aantal pilotprojecten (ongeveer 300 kWp) in korte tijd veel kennis opgedaan over de prestatie van diverse configuraties van drijvende zonnestroomsystemen, en over de interactie van deze systemen met hun omgeving. De pijplijn voor drijvende projecten bedraagt meer dan 500 MWp.

In het programma 'Hernieuwbare Energie op Rijksgronden' heeft Rijkswaterstaat, in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat, samen met de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) en het Rijksvastgoedbedrijf (RVB) een tiental arealen aangewezen voor uitgifte voor zonne-energieprojecten. Drie daarvan zijn drijvende projecten. De uitgifte daarvan zal leiden tot een nieuwe boost voor drijvende zonne-energie in Nederland. Daarnaast is er een toenemende aandacht voor initiatieven zoals zonne-energie op het IJsselmeer en in het Markerwadden gebied.



Programmatische aanpak

De waterbeheerders binnen het Nationaal Consortium Zon op Water hebben in 2018 op eigen kosten een studie laten uitvoeren naar de vergunbaarheid van drijvende zonneparken in Nederland. Dit heeft geleid tot een ‘Handreiking Vergunningverlening’ die inmiddels door de betrokken overheden wordt gehanteerd.

Verdere ontwikkeling van deze markt en technologie geeft goede perspectieven voor de export (‘Nederland waterland’). In dat kader is het van belang om in Nederland het voortouw te nemen met bijvoorbeeld Zon op IJsselmeer en uiteindelijk ook Zon op Zee. In 2020 werd een belangrijke mijlpaal bereikt met het realiseren van het eerste testsysteem op de Noordzee. Daarnaast is de tender van het windpark Hollandse kust Noord opgenomen dat er een demonstratie zonnestroomsysteem van minimaal 500 kWp gerealiseerd zal worden tussen de windmolens, en in de recente tender van Hollandse Kust West is zelfs een 5 MWp systeem aangeboden. Er lopen op dit moment veel ontwikkelingen rond Zon op water, zowel op binnenwateren als op zee. Er is nauwe samenwerking tussen MMIP1 en MMIP2 op dit thema om deze stap van binnenwater naar *offshore* goed te kunnen maken. Dit uit zich door regelmatige kennisuitwisseling tussen TKI Wind op Zee en TKI Urban Energy en het actief verbinden van de verschillende stakeholders, bijvoorbeeld in het Zon op Water consortium.

Een nuttige parameter om de voortgang van dit deelgebied te volgen is de golfslagcategorie (GC). De meeste ervaring is nu opgedaan op GC1; wateren met relatief weinig golfslag en windbelasting. Bepaalde technologieën voor GC1 zijn nu bancair financieerbaar, al zijn verdere verbeteringen mogelijk. Voor GC2 zijn de eerste pilotstudies gedaan, die tot veel leerervaringen, maar nog niet tot een bewezen concept, hebben geleid. Het onderzoek voor GC3 (bijvoorbeeld IJsselmeer) en GC4 (zee) komt nu snel op gang. Onderstaande figuur toont een prognose van de TRL-ontwikkeling per golfslagcategorie voor Zon op Water.



Er is systematisch en modelmatig onderzoek nodig om tot grootschalige uitrol van zon op water te komen, en om tot een routekaart Zon op Zee te komen. De belangrijkste innovatie-uitdagingen voor het ontwikkelen van drijvende zonnestroomsystemen zijn:

A. Verlagen van de kosten en het verbeteren van de business case

Uitdagingen wat betreft de betaalbaarheid van zon op watersystemen zijn de kosten van logistiek, transport, installatie en onderhoud. Daarnaast zijn opbrengstmodellen essentieel. Het doel is om het ontwerp te kunnen optimaliseren naar opbrengst en



locatie. Het gaat daarbij om instraling, albedo effect, koeling, vervuilingaspecten en de effecten van golfbewegingen op de opbrengst.

B. Multifunctioneel ruimtegebruik en functie-integratie

Drijvende zonneparken kunnen een bijdrage leveren aan het tegengaan van verdamping en vervuiling van het water, en daardoor multifunctionele meerwaarde leveren. Een andere optie is de combinatie met algen- of oesterteelt. Ook kan gedacht worden aan beluchting van het water om de groei van blauwalg tegen te gaan. Hierbij zijn verankering, drijfvermogen, transparantie, kustbeveiliging, ruimte voor waterrecreatie, scheepvaart, visserij, etc. van belang. Omgevingsveiligheid en ruimte voor andere functies zijn hier cruciaal.

C. Biodiversiteit en natuurwaarde verhogen

Daarnaast zal onderzoek moeten worden uitgevoerd naar de effecten van drijvende zonneparken op de ecologie en de waterkwaliteit en naar het natuurinclusief ontwerpen van zonneparken op water. Door atol-achtige zandeilanden om zonneparken heen te leggen, hoeven ze minder bestendig te zijn tegen golven en ijsschuif en wordt een beschermde habitat voor vogels en vissen gecreëerd. Waterbeheerders hebben aangegeven dat het van groot belang is om kennis te ontwikkelen over de wisselwerking tussen drijvende zonnestroomsystemen en de aquatische ecologie. Zonder deze kennis kan niet goed getoetst worden of een drijvend zonnepark passend is binnen de geldende beheerlijnen. Dit is een belemmering voor verdere groei van zon op water. Een start is gemaakt door in 2020 een meetadvies voor drijvende zonneparken te ontwikkelen en voor onderzoeksprojecten in te zetten. Ook hier is een langjarig ecologieprogramma met zekere financiering noodzakelijk.

D. Levensduur, betrouwbaarheid en robuustheid verhogen

Over de levensduur, veiligheid en betrouwbaarheid van drijvende zonnestroomsystemen is nog relatief weinig bekend in vergelijking met toepassing op land en gebouwen. Simulaties, versnelde testen en veldopstellingen zijn noodzakelijk om verdere kennis te ontwikkelen over mogelijke faalmechanismen die zich specifiek voordoen voor zon op water. Vooral op gebied van versnelde levensduurtesten zullen nieuwe protocols ontwikkeld moeten worden. De impact van golfslag, zoute omgeving en andere vormen van aanslag zijn op water veel groter dan op land en nog niet goed bekend. Voor veiligheid is het vergelijkbaar.

E. Integrale duurzaamheid en circulariteit

Daarnaast is de verbetering van de circulariteit van de systemen een onderzoeksthema (zowel design for recycling als het ontwikkelen van een recyclingproces). Voor alle zonnestroomtoepassingen geldende circulariteitsvraagstukken zijn uiteengezet in doorsnijdend thema 3.5. Voor zon op water is echter specifieke aandacht voor circulariteit nodig met betrekking tot de drijvers en het voorkomen van uitlogen en oplossen van stoffen uit het systeem in het aquatisch milieu.



Windparken in het buitengebied

De gemiddelde kosten (LCoE) van stroom uit windparken op land in Nederland lagen in 2019 op ongeveer 65 EUR/MWh (spreiding 54-86). Deze kosten zijn grofweg als volgt opgebouwd:

- ontwikkelingskosten: 2,5 EUR/MWh;
- financieringskosten: 7 EUR/MWh;
- participatiekosten: 1 EUR/MWh;
- investeringskosten: 44 EUR/MWh;
- operationele kosten: 15 EUR/MWh;
- ontmantelingskosten: 1,5 EUR/MWh.

Innovaties in technologie en toepassing ondersteunen de uitrol van wind op land, met behoud van maatschappelijk draagvlak.

De verwachting is dat deze kosten in 2030 zijn gedaald tot 40-60 EUR/MWh en in 2050 tot 30-50 EUR/MWh.

Opschaling, efficiënter onderhoud en bedrijfsvoering, verlenging van de levensduur, en slimmere netaansluitingen vormen de belangrijkste drivers voor deze kostprijsreductie. De voornaamste methode om een lokale kostenbesparing te realiseren, is het aanbesteden van uitgewerkte projecten. Dat verlaagt de aanloopkosten namelijk, omdat initiatienemers hierdoor minder voorbereidingskosten hebben en de onderlinge concurrentie wordt aangewakkerd.

Wind en Zon samen tenderen levert ook een kostprijsreductie op. Tegelijkertijd kan de productie per turbine worden vergroot, ook bij lagere windsnelheden. Voor het verhogen van de maatschappelijke acceptatie van windparken moeten nieuwe participatiemodellen ontwikkeld worden.



Windturbines in de Wieringermeer

Bij de plaatsing van windturbines op land is omgevingsveiligheid van groot belang. Op dit vlak worden in de windenergiesector geen concessies gedaan. De faalfrequentie, de kans dat een windturbine-onderdeel geheel of gedeeltelijk losraakt, kan sterk worden verbeterd met nauwgezet onderzoek. Hiermee kan de omgevingsveiligheid nog nauwkeuriger worden geborgd. Een mogelijkheid is het in de praktijk in kaart brengen van de faalfrequenties per model windturbine. Stillere turbines zijn ook belangrijk om de



beschikbare ruimte optimaal te gebruiken. Ontwerp van bladtechnologie voor stillere turbines vereist aerodynamisch onderzoek en de demonstratie van innovaties.

Vanwege de exponentiële toename van de energieopbrengst bij een toenemende rotordiameter, worden windmolens steeds groter en hoger. Inmiddels komen nieuwe windmolens ruim boven de 200 meter tiphoogte uit. Daarmee worden ze ook meer zichtbaar in het landschap.

Windparken hebben invloed op sommige vogel- en vleermuissoorten, zowel direct (slachtoffers die worden geraakt door turbines) als indirect (aantasting van de leefomgeving). Vanwege een gebrek aan kennis over diverse soorten, onderkennen diverse partijen dat het een uitdaging is om natuur en de energietransitie met elkaar in evenwicht te brengen. Veel onderzoek is nog nodig om de landschaps- en natuurwaarde in relatie tot windmolens op waarde te schatten.

Wat betreft de inpassing van windparken in de luchtvaart, spelen zowel obstakelverlichting als radarverstoring een grote rol. Bij turbines met een tiphoogte boven de 150 meter is obstakelverlichting voor de luchtvaart verplicht. De rode nachtverlichting leidt op veel plekken tot weerstand bij de omgeving. Het gevolg is dat overheden regelmatig hoogtebeperkingen opleggen. Die hoogtebeperking zorgt voor een veel lagere energieopbrengst, een slechtere businesscase en suboptimale benutting van geschikte windlocaties.

Windturbines kunnen verstoring teweegbrengen bij de weerradars, bij andere meetinstrumenten van het KNMI en bij de radarsystemen die de luchtverkeersleiding en Defensie gebruiken om het Nederlandse luchtruim te controleren. Verbetering van de radardekking op Nederlands grondgebied is daar de oplossing voor. Er worden om die reden al nieuwe radarstations gebouwd. Onduidelijkheid over de indeling van het luchtruim leidt tot vertraging in de besluitvorming over windparken en leidt ook tot vermindering van het te realiseren vermogen door minder en/of lagere turbines.

Het verkrijgen van vergunningen voor een windpark op land kost meestal veel tijd en expertise. De besluitvorming is vaak traag en niet transparant, ook voor de omwonenden. Anterieure afspraken met het bevoegd gezag en onduidelijkheid over de verantwoording van de te heffen leges spelen hier ook mee. De regionale energiestrategieën (RES'en) en het daaropvolgende proces waarbij overheden locaties aanwijzen en vaststellen middels provinciale en gemeentelijke omgevingsvisies (POVI's en GOVI's), omgevingsplannen en omgevingsvergunningen spelen hier een belangrijke rol bij.

Door de groei van de windsector neemt het gebruik van grondstoffen sterk toe. Het is belangrijk dat de beschikbaarheid van deze grondstoffen in de toekomst geborgd is, en dat zij op een verantwoorde manier gewonnen, verwerkt en gerecycled worden. Om dit te realiseren is inzicht nodig in de keten; waar zitten de risico's?

Om het potentieel van windenergie in het buitengebied te benutten zijn begrip van de interactie tussen mens, omgeving, natuur en techniek en het benutten van bijbehorende innovaties essentieel.

Momenteel wordt hiermee door de windsector een begin gemaakt middels een convenanttraject. In dit traject wordt, onder leiding van de SER, de voortbrengingsketen in kaart gebracht. De turbines moeten zodanig worden ontworpen dat recycling en hergebruik worden vergemakkelijkt.



Programmatische aanpak

De belangrijkste innovatie-uitdagingen voor windparken op land zijn:

A. Kostenreductie en het verbeteren van de business case

Kostprijsreductie moet op alle aspecten worden bereikt – van planning, installatie en operatie tot recycling. Daarbij spelen maatschappelijke uitdagingen, technologieontwikkeling en inpassing in het energiesysteem belangrijke en samenhangende rollen. Voor de investeringskosten zijn met name aansluiting, fundatie en turbinekosten belangrijk. Er is onderzoek nodig voor innovaties aan turbines door gebruik van nieuwe technologie en materialen. Operationele kosten zijn vooral gerelateerd aan onderhoud en bedrijfsvoering. Innovaties voor een effectieve monitoring en betere inschatting van onderhoudsbehoeften leidt tot het verminderen van onderhoudsactiviteiten. Er is nog veel onderzoek nodig naar het verbeteren van procedures voor het uitvoeren van onderhoud en het introduceren van technologie zoals robotica voor onderhoud op afstand en autonoom onderhoud. Ook onderzoek naar de effecten voor de LCOE van innovatieve onderhoudsoplossingen is van belang. Er is systematisch en modelmatig onderzoek nodig naar levensduurverlenging van turbines en naar een efficiënte methode om LCOE te verlagen.

B. Maatschappelijke draagvlak

Tijdens de ontwikkelfase is er regelmatig weerstand tegen windenergie. Zodra definitief besloten is dat er windmolens komen te staan of zodra ze zijn gebouwd, neemt de zichtbare weerstand af. Er zijn signalen dat de weerstand daadwerkelijk afneemt, maar dit is nooit systematisch onderzocht. De vraag is dus: neemt de weerstand daadwerkelijk af? En zo ja, wat is daarvan de oorzaak? Leggen mensen zich er (morrend) bij neer of vinden ze de overlast uiteindelijk toch meevallen? Daarnaast is er grote behoefte aan het meten van de effectiviteit van de verschillende in gebruik zijnde participatiemodellen. In hoeverre verbeteren zulke modellen de acceptatie daadwerkelijk? Welke vorm van participatie leidt daadwerkelijk tot de hoogste acceptatiegraad en zijn hier regionale of anderszins ruimtelijke verschillen bij te herleiden? Hierbij gaat het zowel om planparticipatie- als om financiële participatie, of om een combinatie daarvan. De uitkomsten van dergelijk onderzoek kunnen goed gebruikt worden voor het ontwikkelen van nieuwe participatiemodellen.

C. Kwaliteit en veiligheid

Er is systematisch en modelmatig onderzoek nodig naar veiligheidsaspecten:

- cyber security en veiligheid van het energiesysteem;
- veiligheid van personeel en het aanscherpen van handleidingen;
- veiligheid van de omgeving van de windturbine.

In 2019 is ook het Handboek Omgevingsveiligheid Windturbines herzien. Door gebrek aan middelen is de vernieuwing zeer oppervlakkig gebleken en kon de input van een expertgroep slechts in zeer beperkte mate worden omgezet in een beter handboek.



Grondig onderzoek en een investering in een verbeterd handboek leiden tot een significant betere inschatting van risico's voor de omgevingsveiligheid en daarmee tot een wezenlijk betere beoordeling of een locatie al dan niet geschikt is voor het plaatsen van een windturbine.

Er dient onderzoek te worden uitgevoerd naar de indeling van het luchtruim en de impact van windturbines op vlieggedrag van vliegtuigen. Daarnaast moet met de luchtverkeersleiding en Defensie onderzocht worden wat oplossingen zijn om het Nederlands luchtruim goed te kunnen blijven controleren als er meer windparken worden gebouwd.

D. Reduceren van geluidshinder

Turbines zijn de afgelopen jaren al veel stiller geworden, maar er is nog veel ontgonnen gebied op het vlak van technische innovatiemogelijkheden. Voor stillere turbines en meer aerodynamische add-ons op bladen zijn nieuwe ontwerpen van bladen nodig. Dat vereist aerodynamisch onderzoek en de demonstratie van innovaties. Ook is onderzoek vereist om bij steeds grotere rotorbladen en bij lagere windsnelheden steeds grotere capaciteitsfactoren te krijgen zonder vergroting van de geluidshinder. Naast het stiller maken van de turbines, is er onderzoek nodig om geluidscontouren van windparken verder te minimaliseren. Dit kan door middel van sector management (curtailment als functie van de windrichting, gebruikmakend van de richtingsafhankelijkheid van het windturbinegeluid) en door control-maatregelen om de geluidsvariaties in de tijd te reduceren.

E. Ruimtelijke inpassing

Windturbines worden steeds groter en hoger vanwege de exponentiële toename van de energieopbrengst bij het toenemen van de rotordiameter. Inmiddels komen nieuwe windmolens ruim boven de 200 meter tiphoogte uit. Daarmee worden ze ook meer zichtbaar in het landschap. Steeds vaker speelt deze 'hoogte-angst' een rol bij de discussie over windenergieprojecten. Vanwege het grote belang van een hoge capaciteitsfactor voor de kostprijsreductie, is het noodzakelijk om goede afwegingen te maken tussen de hoogte en de maatschappelijk geaccepteerde ruimtelijke inpassing. Naar de relatie tussen de hoogte van windturbines en de beleving hiervan in het landschap is nog nagenoeg geen onderzoek gedaan, en dat is wel hoognodig. Vragen die hierbij spelen zijn:

- Welke aspecten bepalen de perceptie van een windturbine en hoe zijn deze gerelateerd aan de dimensies van de windturbine?
- In welke landschapstypen heeft het bestaande onderzoek plaatsgevonden en in hoeverre heeft dit invloed op de beleving van schaal?
- Wat zijn de relevante landschapstypen van Nederland voor dit vraagstuk?
- Van welke Nederlandse landschapstypen is iets bekend over de relatie tussen hoogte en perceptie van windturbines en waar ontbreekt nog kennis?

Zie ook doorsnijdend thema Energielandschappen.



F. Ecologische inpassing

Onderzoek naar diverse diersoorten (zoals verspreiding en gedrag) is nodig, om regelgeving aan te kunnen scherpen, maar ook om ervoor te zorgen dat de wettelijk vereiste verzamelde data uniform genoeg is voor wetenschappelijk onderzoek, en om de kosten voor monitoringseisen omlaag te brengen. Om dit te bewerkstelligen is de ontwikkeling van een landelijk dekkend systeem om vogels en vleermuizen te monitoren nodig, evenals de monitoring van mortaliteit, verstoring en barrièrewerking van soorten bij windturbines. Daarnaast is er veel te winnen aan innovatieve oplossingen om vogels en vleermuizen bij turbines uit de buurt te houden en aanvaringen te voorkomen. Ook ondersteuningsprogramma's zijn nodig om de natuur(wetgeving) en de energietransitie voor de komende periode goed samen te laten gaan. Beide helpen zowel locatiemogelijkheden van plaatsing van windturbines te vergroten als de mortaliteitsgraad van desbetreffende soorten te verlagen. Speciale aandacht dient uit te gaan naar cumulatieve effecten op ecologie. Van windparken en zonneparken op dezelfde plek, of van nabijgelegen andere zonneparken of windparken.

G. Obstakelverlichting

Er moet nader onderzoek worden verricht naar het mitigeren van de impact van windmolens op omwonenden. Dit betreft zowel onderzoek naar technische oplossingen als innovaties op het gebied van wet- en regelgeving. Deze onderzoeken moeten gekoppeld zijn aan demonstratieprojecten van nieuwe mogelijkheden op full-scale turbines, in combinatie met monitoring van de impact op omwonenden. Daarnaast is onderzoek naar oplossingen buiten Nederland en internationale afstemming en -ontwikkeling broodnodig, vanwege de gevolgen voor het vliegverkeer bij (en draagvlak bij de luchtvaart voor) aanpassing van de regelgeving.

H. Integrale duurzaamheid en circulariteit

Ontwikkel inzicht in de supply chain met betrekking tot de beschikbaarheid van materialen. Er is nader onderzoek nodig naar alternatieve leveranciers of materialen om arbeidsomstandigheden bij de ontginning van de benodigde delfstoffen te verbeteren, en om depletie van delfstoffen te voorkomen. Dit is niet iets dat vanzelf door marktpartijen wordt opgepakt, omdat er momenteel een race to the bottom gaande is, mede ingegeven door het huidige overheidsbeleid en ontwikkelingen bij Wind op Zee. Onderzoek naar recycling van windturbines, met name de bladen, en naar design for circularity waarbij componenten een nieuwe levenscyclus krijgen in een volgende turbine, zijn van belang in het kader van de voetafdruk van wind op land, maar ook voor een kostprijsreductie. Levensduurverlenging verlaagt ook de kostprijs en vereist extra onderzoek naar de beschikbare levensduur van componenten na een lange gebruiksperiode. Monitoring van technologie in combinatie met modellen voor veroudering zijn daarvoor essentieel.



Energielandschappen

Het Nederlandse landschap is van oudsher een productielandschap, dat op grote schaal is ingezet voor de productie van voedsel en het ontginnen van grondstoffen. Dit bestaande productielandschap gaat de komende jaren sterk veranderen. De winning uit hernieuwbare energiebronnen moet flink worden opgeschaald om de Europese klimaatdoelstellingen te behalen. Verschraving van landbouwgrond en afname van biodiversiteit vraagt om nieuwe vormen van voedselproductie. Tegelijkertijd neemt de behoefte aan natuurrecreatie toe. Dit alles legt een grote claim op de landschappelijke inrichting van Nederland en vraagt meer ruimte dan beschikbaar is in ons land. De complexiteit van de transitieopgave van het landschap is dan ook groot.

Economische, technologische, maatschappelijke, cultuurlandschappelijke en ruimtelijke aspecten grijpen sterk op elkaar in. Dat maakt een nieuwe, meer integrale aanpak noodzakelijk, waarin organisaties uit diverse sectoren samenwerken. Koppeling van verschillende opgaven en multifunctioneel landgebruik kunnen tot nieuwe inzichten leiden.

Het streven is om opwekinstallaties waar mogelijk juist een positieve ruimtelijke impact te laten hebben. Onderzoeksvragen betreffen onder meer: Welke andere functies met meerwaarde zijn mogelijk en op welke schaal? Hoe kunnen agrarische ondernemers produceren in combinatie met de opwekking van zonnestroom en windenergie (eventueel tijdelijk)? Welke mogelijkheden zijn er om tegelijkertijd de natuurwaarde en de biodiversiteit te vergroten. Welke functiecombinaties kunnen worden gemaakt met waterbeheer en waterbuffering?

Door actief op zoek te gaan naar koppelkansen met andere maatschappelijke uitdagingen in het buitengebied ontstaan nieuwe mogelijkheden. Hierbij kan gedacht worden aan de verwachte groei van kringlooplandbouw, het reduceren van de stikstofuitstoot rond natuurgebieden en CO₂-emissiereductie in veengebieden. Hoe kunnen win-winsituaties worden gecreëerd? Het realiseren van aansprekende en representatieve proef- en voorbeeldprojecten vormt een essentieel onderdeel van dit doorsnijdende thema. Dit kan echter alleen door inclusief te ontwerpen waarbij zoveel mogelijk rekening wordt gehouden met het kunnen uitvoeren van de andere functies op het areaal. Het is daarom essentieel om al tijdens het ontwerpen nauw samen te werken met de andere gebruikers van het areaal om uiteindelijk tot een goed ontwerp te komen. Succesvolle concepten waarbij meerwaarde praktisch is aangetoond zullen als icoonprojecten worden gepresenteerd.



Kwaliteit en veiligheid

Het Nederlandse energiesysteem kent een hoge standaard op het gebied van veiligheid en betrouwbaarheid. De transitie naar hernieuwbare opwek met energie uit zon en wind dient te gebeuren in het licht van deze hoge standaard. Op het gebied van veiligheid is brandontwikkeling bij zonnestroomsystemen een aandachtspunt. Kennisontwikkeling is nodig op het gebied van het begrijpen van faalmechanismen, kwaliteitscontrole en foutdetectie, early warning methodes en het realiseren van intrinsieke veiligheid door bijvoorbeeld het onderzoeken van alternatieve dakisolatie materialen en systeemschakelingen. Door intelligentie op het niveau van individuele zonnepanelen te ontwikkelen is een veiligheid nog beter te waarborgen.

Ook bij het verder integreren van zonnestroomsystemen met andere typen ruimtegebruik is aandacht voor veiligheid nodig. Bij integratie in de infrastructuur gaat dit bijvoorbeeld om het voorkomen van schittering van panelen en het garanderen van elektrische veiligheid voor personen bij beschadigingen door bijvoorbeeld verkeersongevallen of werkzaamheden. En ook bij het openstellen van zonneparken voor recreatie of (wilde) dieren is het belangrijk te onderzoeken hoe dit veilig kan.

Cyberveiligheid van zonnestroomsystemen, windparken en energie-infrastructuur in het algemeen verdient aandacht. Daartoe is in 2022 een aantal kwartiermakers gestart met een inventarisatie.

Vergelijkbare veiligheidsvraagstukken doen zich voor bij het toenemende gebruik van grootschalige batterijsystemen

Op dit moment is er behoefte aan het doen van vooronderzoek waarin wordt uitgezocht wat de mogelijke problemen zijn. Dit zou moeten resulteren in een handboek veiligheid en zonering voor geïntegreerde systemen van hernieuwbare opwek naar het voorbeeld van windenergie

Betrouwbaarheid gaat in de context van het energiesysteem vooral om een hoge leveringszekerheid. Door het variërende aanbod dat inherent is aan zon en wind zal het toekomstige energiesysteem er volledig anders uit gaan zien dan de goed regelbare centrale opwek door kolen- en gascentrales. Betrouwbaarheid is niet alleen afhankelijkheid van de zonnestroom- en windenergiesystemen, maar ook van de inpassing in het grotere energiesysteem. MMIP5 en MMIP13 richten zich specifiek op deze onderwerpen.

Binnen de zonnestroom- en windenergiesystemen is innovatie gewenst op verbeterde opbrengstmodellen. Het is belangrijk dat er betere verwachtingen komen aan de hand van meteorologische parameters, zodat er meer zekerheid is over de te verwachte opbrengsten voor de korte, middellange en lange termijn én per locatie. Ook veranderingen ten gevolge van klimaatverandering moeten daarin worden meegenomen. Daarbij is monitoring ten behoeve van validatie (en ontwikkeling) van de modellen noodzakelijk.

Gegevens over opbrengst van zonnestroomsystemen zijn nu versnipperd en bij vele eigenaren ondergebracht. Een opensource database van systeemopbrengsten kan snel inzicht geven in (afwijkende) systeemprestaties en daarmee foutdetectie versnellen.



Deelprogramma 3 Inpassing in het energiesysteem

Het is een gezamenlijke verantwoordelijkheid van wind- en zonnestroomproducenten en netwerkbeheerders om de gewenste grootschalige implementatie van dergelijke hernieuwbare opweksystemen te faciliteren.

Hernieuwbare opwek door zon en wind speelt en groeiende rol in de elektriciteitsvoorziening. Daardoor ontstaan economische kansen en nieuwe businessmodellen, maar er moeten ook barrières worden geslecht. Bijvoorbeeld wat betreft de aansluit- en transportcapaciteit van het Nederlandse elektriciteitsnet en de afstemming van aanbod (opwekking/levering) en vraag. Deze problemen moeten deels door de netbeheerders worden opgelost, maar de zonne- en windenergiesectoren kunnen zelf ook bijdragen

aan het ontwikkelen van oplossingen. Een belangrijke innovatievraag is welke oplossingen kunnen bijdragen aan het beperken van de benodigde aansluitingscapaciteit van zonne- en windparken, het verbeteren van de inpassing in het energiesysteem en het verhogen van de waarde van de opgewekte stroom. Door stroom te leveren op momenten dat er veel vraag is, wordt de waarde van de opgewekte stroom in zijn algemeenheid hoger. Zo heeft de configuratie van een zonnepark (zuidgeoriënteerd versus oost-west georiënteerd) invloed op de tijden van opwekking en daarmee op de waarde van de zonnestroom. Ook het combineren van zonnestroomparken met windparken, met de voorspelling van opwekking (*forecasting*), het terugregelen van vermogen (*curtailment*), elektriciteitsopslag en conversie naar andere energiedragers (*Power to X*), kan bijdragen aan kostenverlaging of waardeverhoging. Waar mogelijk kan het direct (dat wil zeggen lokaal) koppelen van vraag en aanbod interessant zijn, zoals bij (langgerekte) systemen in de verkeersinfrastructuur en in het algemeen bij toepassing in de gebouwde omgeving. Extra aandacht is nodig voor de rol van *power electronics* in het mogelijk maken van de gewenste aansturingen en conversies.

Een van de argumenten om zonne-energie decentraal op gebouwen op te wekken is dat daarmee het aanbod dichtbij de vraag wordt gebracht waardoor investeringen in het elektriciteitsnet beperkt worden. Als het aantal elektrische auto's in onze samenleving verder toeneemt en er warmtepompen worden gebruikt voor de verwarming van gebouwen, dan ontstaat er in de tijd een grote onbalans tussen opwekking en verbruik. Vraagsturing, andere oriëntaties van PV-systemen, batterijen op gebouw- of wijkniveau of bi-directioneel gebruik van autobatterijen, kunnen een gedeelte van de onbalans oplossen. Maar of daarvoor een business case ontstaat, hangt sterk af van variabele tariefstellingen en vergoedingen, en daarmee van beleid en marktinstrumenten. Iets soortgelijks geldt voor maatregelen om de onbalans over seizoenen heen op te lossen, zoals grootschalige opslag of conversie naar andere energiedragers. De voorliggende innovatievraag betreft het identificeren en optimaal combineren van al deze oplossingen, onder meer met het oog op kosten en betrouwbaarheid. Dit vraagstuk vraagt om een integrale benadering van opwek én inpassing van hernieuwbare opwek.

Bij alle hiervoor genoemde onderwerpen spelen digitalisering, ICT en het verzamelen, analyseren en gebruiken van (*big*) data een centrale rol. Het energiesysteem, inclusief het *smart grid* van de toekomst, ontleent zijn werking, veiligheid en betrouwbaarheid in



belangrijke mate aan de complexe en stuurbare interactie tussen opwekking, transport, conversie, opslag en gebruik van energie, op decentraal en centraal niveau. Vanuit dit MMIP zal daarom nauw worden samengewerkt met (minimaal) de MMIP's 1, 5 en 13. Het 'onderwerp energetische inpassing van zonnestroom in de gebouwde omgeving' is opgenomen in MMIP 5, deelprogramma's 2 en 4. Het betreft zowel oplossingen op gebouwniveau als op wijkniveau. Binnen MMIP 2 gaat de focus met name uit naar grootschalige opwek in het buitengebied en op grote daken.

Programmatische aanpak

Inzet flexibiliteit voor (tijdelijk) verlagen van (piek)belasting elektriciteitsnet

Flexibiliteitsoplossingen kunnen worden ingezet om piekproductie van een wind- of zonnepark te verminderen, waardoor deze met een kleinere aansluiting gerealiseerd kan worden. Elektriciteitsoverschotten kunnen verkleind worden via *curtailment* (het tijdelijk verlagen van de opwek), opslag van elektriciteit of conversie naar een andere energiedrager, zoals waterstof of warmte. Inmiddels zijn er diverse projecten op dit vlak opgestart en gerealiseerd. Het is nu van belang om de diensten op grotere schaal uit te bouwen en te implementeren. De demonstratie en implementatie van nieuwe flexibiliteitsoplossingen – curtailment, opslag en conversie – is nodig om aan te tonen hoe dit kan bijdragen aan verbeterde aansluitmogelijkheden met behoud van economisch rendement. Vervolgens is het belangrijk om onderzoek te doen naar publieke acceptatie van deze verschillende oplossing. Er is bijvoorbeeld nog weinig bekend over acceptatie van opslag en waterstof.

Cable pooling

Cable pooling maakt het mogelijk om nabijgelegen wind- en zonneparken slim te koppelen: de energiebronnen worden dan op één netaansluiting aangesloten. Het aansluiten van meerdere leveranciers op één aansluiting is in Nederland sinds 2018 toegestaan. Cable pooling is nog geen algemeen geaccepteerde en breed toegepaste oplossing. Er komen allerlei technische, organisatorische, juridische en financiële aspecten bij kijken. Zeker wanneer er sprake is van twee of meer eigenaren van de installaties op één aansluiting. Inmiddels zijn er wel diverse inspirerende projecten opgestart en gerealiseerd. Verdere ontwikkeling, demonstratie en implementatie is nodig om cable pooling bredere bekendheid te geven en beter te laten aansluiten op de wensen van gebruikers. Daarbij is aandacht nodig voor het achterliggende businessmodellen, bijvoorbeeld op het vlak van financiële garanties en risico's.

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. Toepassing van batterijen bij grootschalige hernieuwbare opwek maakt het mogelijk om de invoeding op het net te verplaatsen van piekuren met hoge opwek naar daluren met weinig opwek. Hiermee wordt de waarde van de opgewekte energie vergroot en kan een kleinere netaansluiting gebruikt worden. Op technisch vlak is er behoefte aan de doorontwikkeling van deze opslagsystemen op het vlak van de interoperabiliteit van het batterijsysteem, de eenvoud van installatie en



ingebruikname en de veiligheid van het systeem. Ook integratie van batterijen op module niveau is daarbij een interessante mogelijkheid. Met een opwek-opslag combinatie kan het aantal vollast-uren op de aansluiting op het elektriciteitsnet in potentie flink verhoogd worden. Hier dient een integrale afweging te worden gemaakt welke configuraties tot de laagste maatschappelijke kosten leiden (zie volgende thema). De ontwikkeling van nieuw opslagmaterialen en -technologieën is geen onderdeel van dit MMIP.

Nieuwe kaders voor inzet flexibiliteit bij hernieuwbare opwek

Bij het aansluiten van een zon- of windpark verkennen netbeheerders of het elektriciteitsnet voldoende ruimte biedt om de binnen een project opgewekte elektriciteit te transporteren. Dat betekent echter niet dat de elektriciteitsnetten continu overbelast zijn. Diverse ontwikkelaars van hernieuwbare opwekprojecten geven aan dat zij bereid zijn om (geautomatiseerd) hun opwek real-time tijdelijk terug te schakelen om de elektriciteitsnetten te ontzien, als dit kan betekenen dat zij hun project toch kunnen aansluiten. Dit wordt nu tegengehouden door de wettelijke kaders.

Die transitie vraagt echter om nieuwe oplossingsrichtingen, verdienmodellen en afsprakenstelsels. Zie ook deelprogramma 2.1 van MMIP 5 voor een bredere beschrijving van de onderzoeksvragen op dit gebied. Een belangrijk aandachtspunt voor succes is dat verschillende (soms tegenstrijdige) operationele, maatschappelijke en economische belangen van netbeheerders en projectontwikkelaars voldoende op elkaar zijn afgestemd.

Verbetering aanleg en uitbreiding van infrastructuur

Dit thema wordt opgepakt in MMIP 5. Een indicatie van de innovatiethema's: 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.

Te denken valt ook aan gestandaardiseerd ontwerp en bouw van onderstations, waardoor het voorbereidingsproces en de bouw sneller kan plaatsvinden.

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.



Deelprogramma 4 Circulariteit en duurzaamheid

Op alle individuele thema's van dit MMIP moeten veranderingen plaatsvinden om circulariteit te bewerkstelligen. Zo vraagt circulaire, hernieuwbare energieopwekking in de gebouwde omgeving of in het buitengebied om het opzetten van andere serviceconcepten en businessmodellen, alsmede aangepaste of nieuwe technologieën en end-of-life behandelingen. Een kernvraag is: Hoe kan het ontwikkelen van een goed werkend circulair systeem een gezamenlijke verantwoordelijkheid worden van alle stakeholders? Over het algemeen zal de fabrikant van de producten of de leverancier van de diensten van grote invloed zijn, omdat die 'aan de knoppen zit', en eventueel noodzakelijke innovaties kan implementeren. Maar wellicht zijn er andere modellen mogelijk of gewenst. Technologische innovaties zijn nodig omdat het begrip 'circulariteit' op dit moment vaak niet meer omvat dan een vorm van hergebruik van materialen. Daarbij is voor een aanzienlijk deel van het materiaalstromen eerder sprake van *downcyclen* dan van recyclen, laat staan van *upcyclen*, reparatie of hergebruik. Met andere woorden: teruggewonnen materialen worden hergebruikt in laagwaardiger toepassingen dan waar ze vandaan komen. Dat kan zijn omdat de teruggewonnen materialen zich met de huidige stand van de techniek niet lenen voor hoogwaardig hergebruik, of omdat er geen business case of verplichting is om geschikte technieken in te zetten. Overigens kan de business case soms aanzienlijk verbeteren door hoogwaardig hergebruik mogelijk te maken. Circulariteit vraagt daarom om 'ontwerp voor duurzaamheid/recycling' van producten en daarop aangepaste diensten, hetgeen vaak ingrijpende innovaties vraagt en consequenties heeft. Dit MMIP zal daarom ruimte bieden aan de ontwikkeling van de benodigde nieuwe service- en businessmodellen, regelgeving/normering (*eco-labeling*), productontwerpconcepten en materialen. Concreet zien we de volgende aan circulariteit gerelateerde innovatievragen:

Ontwerp voor duurzaamheid en hergebruik

Voor zonnepanelen geldt dat in het cel- en module-ontwerp materiaal- en proceswijzigingen moeten worden gedaan die een hoogwaardige terugwinning en hergebruik van materialen mogelijk maakt. Hierbij kan gedacht worden aan het zoeken naar alternatieve encapsulatiematerialen die scheiding van frontsheet (glas/polymeer), cellen en backsheet (glas/polymeer) mogelijk maakt.

Voor windmolens heeft vooral het beter recyclebaar maken van de turbinebladen aandacht nodig, alsook het sluiten van materiaalkringlopen voor de zeldzame elementen die in de generatoren worden gebruikt

Verlengen levensduur nieuwe installaties

Door systemen steeds langer mee te laten gaan wordt het materiaal verbruik per eenheid opgewekte energie lager. Dit thema komt terug in deelprogramma's 1 en 2

Verlengen levensduur bestaande systemen

Ook bij de systemen die al in het veld geïnstalleerd zijn kan het verlengen van de bruikbare levensduur grote winst opleveren in termen van materiaalgebruik. Hoe wordt bepaald of een systeem 'einde-levensduur' is? Wil de gebruiker een minimale opbrengst, wordt het toenemende risico op storingen (met mogelijke gevolgschade) te groot? Of



rendeert het niet meer om bepaalde componenten te vervangen? Dit zal per technologie, type systeem en leeftijdscategorie verschillen. Er is daarom behoefte aan 'APK'-keuringsconcepten voor systemen op leeftijd waarbij de levensduur met een vaste periode verlengd wordt tot een volgende keuring. Ook het mogelijk maken van reparatie van systeemonderdelen, bijvoorbeeld losse panelen of elementen in een façade moet zoveel mogelijk gestimuleerd worden. Tevens zouden stimuleringsregelingen in het algemeen moeten aansturen op een zo lang mogelijke levensduur van systemen en moet voorkomen worden dat systemen vroegtijdig uit de lucht gehaald worden en vervangen door nieuwere technologie, eventueel tenzij er een hoogwaardige vervolgoepassing in beeld is. De economische levensduur van 15 jaar dit de SDE++ hanteert is in dat kader kort en zou verlengd moeten worden naar 20 of 25 jaar. Daarmee aanverwante vragen zijn bijvoorbeeld of er markt voor tweedehands systeemcomponenten kan ontstaan waarbij kwaliteit en veiligheid geborgd zijn.

Verbeteren recyclingmogelijkheden bestaande panelen en windmolens

Tot slot dient er onderzoek gedaan te worden naar verbeterde recyclingmogelijkheden van bestaande technologie. Er staan al veel systemen in het veld en de generatie van echt circulaire zonnepanelen en windmolens zal nog even op zich laten wachten. Hoe recycelen we de systemen die tot die tijd geïnstalleerd worden het beste. Zijn er hoogwaardiger toepassingen mogelijk dan de huidige 'gedowncycled' producten. In dat verband kunnen ook nieuwe processen om materialen in hoogwaardige vorm van elkaar te scheiden een belangrijke bijdrage leveren. Denk bijvoorbeeld aan silicium en zilver.

Doorsnijdende thema's

Digitalisering

Digitalisering vormt een belangrijke *enabler* voor de energietransitie, maar op onderdelen ook een aandachtspunt. Hierbij zien we onder meer de volgende uitdagingen en oplossingsrichtingen:

- *Veiligheid*: Ontwerprichtlijnen, bewustwording bij installateurs, gerichte innovaties stimuleren. Onder veiligheid valt ook installatiekwaliteit en het tegengaan van interferentie van omvormers.
- *Betrouwbaarheid*: Opleiden en bewustwording voor kwaliteit creëren bij installateurs, onderzoek naar faalmechanismen, inzicht in risico's, kennisdeling en samenwerking op internationaal vlak. Voor het managen van de toenemende complexiteit moet er ook steeds meer aandacht zijn voor de ontwikkeling van controle- en monitoringssystemen.
- *Voorspelling*: Ruimte bieden aan ontwikkeling en demonstratie van *forecasting*-technologie. Bundelen van stromen satellietdata, meteodata, weermodellen, klimaatverandering, resource assessment (wind en zon), *realtime* netwerk- en verbruiksgegevens, onder meer om energieproductie en -vraag effectief en optimaal af te stemmen.
- *Ontwerp en visualisatie*: Ontwikkeling van ontwerptools en het gebruik van visualisatiesoftware stimuleren. Het opzetten van verbindingen tussen de zonne- en windenergiesectoren, de creatieve industrie en ontwikkelaars van ontwerptools.



- *Meten*: Toepassing van onder meer *remote* en *realtime* meettechnieken.
- *Intelligente componenten*: Door intelligentie op component niveau toe te voegen kunnen systemen ontwikkeld worden die veiliger zijn, beter energetisch inpasbaar zijn en een hoger opbrengt hebben. Zie ook deelprogramma 1a.

Human Capital

De komende jaren zal de vraag naar arbeidskrachten met specifieke competenties voor de wind- en zonne-energiesectoren enorm toenemen. De uitdaging is om deze werkgelegenheid in een internationale markt te vullen en om Nederlandse arbeidskrachten met een hoogwaardige opleiding daarin een belangrijke rol te laten vervullen. Gezien het algehele tekort aan technisch personeel in ons land, en de beperkte opleidingscapaciteit op alle onderwijsniveaus, is dit geen vanzelfsprekendheid. Voeg hier het innovatieve en uitdagende karakter van de wind- en zonne-energiesectoren aan toe, en de omvang van de uitdaging wordt duidelijk. Technische opleidingen in Nederland zullen moeten opschalen en zich moeten voorbereiden op toekomstige ontwikkelingen in nauwe samenwerking met het bedrijfsleven om aan de toekomstige vraag naar gekwalificeerde arbeidskrachten te kunnen voldoen. Gebeurt dit niet, dan zullen werkgelegenheid en economische activiteiten worden ingevuld door mensen en bedrijven uit omliggende landen en zal de kennis op den duur verdwijnen. De energietransitie zal in dat geval door een tekort aan personeel worden vertraagd. Het opstellen van, en investeren in, een sectorbrede Human Capital Agenda is van groot belang om de beschikbaarheid van voldoende arbeidskrachten ook in de toekomst te borgen.

Voor een duurzame elektrificatie van ons energiesysteem zijn onder andere de volgende competenties nodig:

- Het ontwerpen van multifunctionele gebouwschillen en gebouwenergiesystemen (met opwekking, opslag/conversie en gebruik);
- Het ontwikkelen van energiemanagement-oplossingen en het faciliteren van het gebruik van big data uit duurzame elektriciteitsopwekkingssystemen;
- Het combineren en integreren van zon- en windtechnieken met opslag- en conversietechnieken;
- Het installeren van zowel elektrotechnische als bouwtechnische oplossingen (E-instalateur + aannemer/ bouwvakker);
- Het vormgeven van multifunctionele ruimtelijke inpassing van energietechnieken en het ontwerpen van energielandschappen;
- Het verbinden van (onder meer) elektrotechniek, mechanica (stijfheid en sterkte), materiaalkunde en productontwerp;
- Over de grenzen van een sector heen kunnen kijken en waardeketens kunnen hervormen.
- Het automatiseren en robotiseren van installatiewerk om het aantal benodigde arbeidsuren te reduceren.
- Het zo goed mogelijk inzetten van het latente arbeidspotentieel van leken door Doe-het-zelf oplossingen te ontwikkelen

Hierbij zullen we tegen de volgende uitdagingen aanlopen:



Uitdaging 1: Aangepaste opleidingscurricula om experts op te leiden met bovengenoemde capaciteiten → aanpassen bestaande curricula en opzetten nieuwe opleidingscurricula

Vanuit de sector zal een werkgroep moeten worden opgericht om de bovengenoemde capaciteiten te expliciteren. Daarna moet in overleg met roc's, hogescholen en universiteiten worden bepaald wat er in de opleidingscurricula moet worden gewijzigd om dit te faciliteren.

Uitdaging 2: Optimale aansluiting van opleidingen aan behoeften van bedrijven → opleidings- en stageplaatsen

Het ontwikkelen van een passend opleidingscurriculum is de verantwoordelijkheid van opleidingsinstituten, maar de vragende partij, de bedrijven, bepalen of zij het goed hebben gedaan. Om de opleidingsinstituten van de juiste feedback te kunnen voorzien, zullen de bedrijven opleidings- en stageplaatsen moeten aanbieden of anderszins actief moeten participeren in het onderwijs zodat de kwaliteit van de opleiding getoetst kan worden. Ieder moet dus zijn verantwoordelijkheid in deze keten moeten nemen, met de branchevereniging als regisseur.

Uitdaging 3: Omscholing experts uit andere sectoren → taskforce omscholing

Om de energietransitie te kunnen laten slagen zijn er heel erg veel vakmensen nodig. Die kun je niet alleen maar werven uit de pool van nieuwe toetreders (lees: jongeren die beginnen op de arbeidsmarkt). Er zal dus ook actief geworven moeten worden in andere sectoren. Met behulp van *mass customized* omscholingstrajecten, moeten de benodigde experts de mogelijkheid worden geboden om toe te treden tot de duurzame energiesector. Een taskforce omscholing duurzame energiesector, samen met de brancheverenigingen en de opleidingsinstituten, zullen deze opportunity nader vorm moeten geven.

Uitdaging 4: Bestaande installateurs en bouwvakkers om- of bijscholen → kwaliteitskeurmerk en bijbehorende opleidingen

Vanuit de sector moet een bindend kwaliteitskeurmerk worden ontwikkeld waaraan iedereen moet voldoen die een zonnestroomsysteem installeert. Uiteraard is het onvoldoende om alleen een dergelijk keurmerk te ontwikkelen. Er moet namelijk ook een opleiding worden ontwikkeld en aangeboden voor hen die nog niet aan de minimale kwaliteitseisen voldoen. Hiermee zouden er voldoende gekwalificeerde installateurs beschikbaar moeten komen om de rol van zonne-energie in de energietransitie te faciliteren. Het betrekken van bestaande opleidingspartijen is hiervoor essentieel.

Uitdaging 5: Voorlichting op scholen → taskforce voortgezet onderwijs

Om uiteindelijk voldoende jongeren te verleiden om te kiezen voor een baan in de energiesector is het belangrijk om hen op jonge leeftijd kennis te laten maken met wat er voor mooi werk te kiezen is in deze branche. Daarom moet er een 'taskforce voortgezet onderwijs' opgezet worden om hier concreet invulling aan te geven middels voorlichtingscampagnes, projecten op scholen, etc.

Uitdaging 6: Nieuwe vormen van informeren en opleiden → ontwikkelen innovatieve tools



Er zullen zo spoedig mogelijk nieuwe vormen van onderwijs en nieuwe tools moeten worden aangeboden, om iedereen die is geïnteresseerd in een carrière in de duurzame energiesector te informeren en te ondersteunen bij het gaan werken in deze sector.

Na de eerste jaren van missiegedreven innovatiebeleid kan geconcludeerd worden dat het niet eenvoudig is om de hierboven genoemde human capital uitdagingen te adresseren in innovatieprojecten. Er zou hier gericht gezocht moeten worden naar stimuleringsmogelijkheden. Zo zou bijvoorbeeld mogelijk moeten zijn curriculumontwikkeling te ondersteunen vanuit innovatieprojecten en zou het beschikbaar stellen van extra stageplekken bij kennisinstellingen en bedrijven aangemoedigd kunnen worden door dit te laten meetellen in de score van een project. Ook het betrekken van *learning communities* kan aangemoedigd worden in projecten. Financiering van deze ideeën is een aandachtspunt

Maatschappelijk verantwoord innoveren

In de inleiding zijn een aantal vragen geformuleerd die van invloed zijn op het maatschappelijk draagvlak van de energietransitie en de groei van hernieuwbare opwekinstallaties. Het is van belang deze vragen waar mogelijk terug te laten komen in innovatieprojecten zodat de maatschappelijke dimensie van vernieuwingen in een vroeg stadium onderzocht wordt.

Over de noodzaak van de energietransitie is het grootste gedeelte van de Nederlandse bevolking het wel eens, maar over de manier waarop die in Nederland vorm moet of kan krijgen heerst nog veel onduidelijkheid en ook verschil van mening. Velen kunnen de mogelijke impact van de energie-transitie niet overzien omdat die als te groots en ingewikkeld wordt ervaren. Daarnaast verwacht een deel van de Nederlandse bevolking dat de transitie kostbaar zal zijn en daarom onze welvaart kan aantasten (overigens: niks doen zal nog veel kostbaarder zijn). Het is daarom van groot belang om voldoende aandacht te geven aan onzekerheden en zorgen, en duidelijk te maken dat de energietransitie ons ook welvaart en welzijn zal kunnen brengen. Ook op professioneel en institutioneel vlak zal de energietransitie grote veranderingen met zich mee brengen, en ook daar is het belangrijk om te laten zien dat de transitie grote kansen biedt – en niet alleen in economische zin.

Natuurlijk is het klimaatprobleem iets dat alleen op wereldschaal opgelost kan worden, maar individuele overheden, landen, regio's, steden, bedrijven en individuen spelen een cruciale rol in dit proces. Dit MMIP richt zich daarom mede op het ontwikkelen van oplossingen zodat elk van deze groepen een optimale bijdrage aan de energietransitie kan én wil leveren. Daarbij gaat het onder meer om instrumenten en methoden, kaders, rolverdeling en mensen.

'De 'game changer' voor de succesvolle transitie naar een duurzame en zekere energievoorziening, is een integrale aanpak van technologische, maatschappelijke, economische, juridische en ruimtelijke uitdagingen, waardoor excellente bouwstenen snel en op grote schaal worden toegepast.' (Nationale Wetenschapsagenda, 2016).



5. Nederlandse Innovatie activiteiten

Instrumenten en activiteiten

Het MMIP is geen subsidieregeling met een eigen budget. Verschillende regionale, landelijke en Europese (subsidie)regelingen leveren gezamenlijk een bijdrage aan het MMIP door innovaties in een deel van de innovatieketen een stapje verder te helpen. Daarnaast zijn andere instrumenten en activiteiten benodigd. Dit hoofdstuk biedt een beschrijving van benodigde instrumenten en activiteiten om de doelstellingen van MMIP 2, 3, 4 en 5 te bereiken (gebouwde omgeving en hernieuwbaar op land).

Subsidieregelingen

Een gebalanceerde inzet van financiële middelen is nodig over de gehele innovatieketen, van funderend en toegepast onderzoek tot pilots en demo's. De rijksoverheid stimuleert innovatie met een combinatie van generiek R&D beleid, aangevuld met meer specifiek Missiegedreven Topsectoren- en Innovatiebeleid. De volgende instrumenten vallen onder de laatste categorie en zijn met name gericht op het bereiken van de missie:

- 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.
- 2 Ontwikkelen (TRL 4-7): 'Vrije' middelen van TNO (SMO middelen) en van andere TO2 instituten, de MOOI-regeling, de Gebouwde Omgeving-subsidieregeling van de Topsector Energie, de Hernieuwbare Energieregeling (HER+) en het PPS-toeslag instrument. Deze instrumenten richten zich met name op industrieel onderzoek, experimentele ontwikkeling en het uitvoeren van pilots.
- 3 Demonstreren (TRL 7-8): 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.
- 4 Implementeren (TRL 9): Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE++), Investeringssubsidie duurzame energie en energiebesparing (ISDE), Milieu-investeringsaftrek (MIA) en de Willekeurige afschrijving milieu-investeringen (Vamil). Deze instrumenten richten zich op het stimuleren van marktrijpe (innovatieve) duurzame technologieën.

De instrumenten vallen onder auspiciën van verschillende organisaties (het ministerie van EZK, RVO, TKI Urban Energy, TNO en NWO). Sommige instrumenten richten zich op een breder domein dan alleen de gebouwde omgeving of zelfs de energiesector.

Het Nationaal Groeifonds biedt additionele middelen voor projecten die bijdragen aan duurzame economische groei voor de lange termijn, welke niet goed landen binnen het bestaande instrumentarium van de overheid. In 2022 is er ruim € 350 mln euro toegekend en gereserveerd voor consortia die (ten dele) gericht zijn op de verduurzaming van de gebouwde omgeving.



Dit aanbod van nationale regelingen wordt aangevuld door diverse lokale, regionale en Europese regelingen, zoals Horizon 2020, ERA-net, INTERREG en de MIT-regeling. Het organiserend vermogen van de Topsector Energie richt zich in toenemende mate ook op deze instrumenten.

Het is van belang dat de nationale regelingen goed en in de volle breedte aansluiten bij de Europese programma's. De nationale regelingen hebben vooral als doel de CO₂-uitstoot te reduceren en dat te realiseren tegen de laagste kosten. Gezien het strategisch belang van zonne- en windenergie en risico's te minimaliseren is het essentieel om deze maakindustrie terug naar Nederland en de EU te halen. Technologie-ontwikkeling op gebied van materialen, cellen, modules, integratie, en duurzaamheid en circulariteit, en dat over de gehele TRL keten, zijn daarbij van essentieel belang. Gezien de snelle ontwikkelingen is het essentieel dat de regelingen aansluiten bij de meest recente inzichten

Overige instrumenten en activiteiten

Naast de beschikbaarheid van financiële middelen en instrumenten is een breed scala nodig aan activiteiten en instrumenten. Om de missie van dit MMIP te realiseren, wordt onder meer ingezet op:

- a Kennisbundeling en -deling; door middel van o.a. (markt)studies, whitepapers, kennisdossiers en evenementen;
- b Deelnemen aan en initiëren van overlegstructuren op het vlak van normering, standaardisatie en afsprakenstelsels;
- c Signaleren en analyseren van belemmeringen en knelpunten qua wet- en regelgeving;
- d Versnellings- en opschalingsprogramma's; enerzijds gericht op het verbinden van ontwikkelde marktrijpe innovaties aan vragende partijen, anderzijds op het vergroten van het lerend vermogen van alle actoren via '*learning by doing*'.

Vanuit de Topsector Energie is daarnaast jaarlijks een 'eigen' onderzoeksbudget beschikbaar voor korte studies of onderzoeken die snel en gericht ondersteuning bieden aan de marktpartijen die actief zijn in het innovatie-ecosysteem.

Benodigde inzet van publieke middelen

Begin 2023 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.

Het is de bedoeling dat de innovatieagenda's van NWO, TNO en van andere TO2 instituten waar mogelijk op elkaar worden afgestemd ten behoeve van impactverhoging.

Vooruitlopend op het vastleggen van het KIC, wordt een evaluatie uitgevoerd van verschillende innovatieregelingen en -instrumenten. Als aandachtspunten bij deze evaluatie worden een aantal algemene en thematische aandachtspunten meegegeven.

Algemene aandachtspunten bij het inrichten van innovatie-instrumentarium zijn:



- Er dient rekening gehouden te worden met de toegenomen investeringsbereidheid van marktpartijen. We zien ook weer in 2022 dat de beschikbare budgetten van verschillende subsidieregelingen zijn overvraagd. Zo is in de MOOI-regeling in 2022 voor 67 miljoen aan projecten voor de gebouwde omgeving ingediend. Met een budget van 39,4 miljoen euro betekent dit dat 60% van de projecten kan worden toegekend. Voor de PPS-toeslagregeling had er 115% extra subsidie (3,5 mln euro) besteed kunnen worden aan projecten met een positieve beoordeling. Dit gegeven pleit in de volle breedte voor een verhoging van beschikbare subsidiemiddelen, omdat de markt jaar op jaar laat zien dat het bereid is om private middelen te investeren in innovatie.
- Doordat de MOOI-regeling eens per twee jaar wordt opengesteld, fluctueren de beschikbare subsidiebudgetten per jaar. In 2021 was het beschikbare budget significant lager dan 2022. Ook in 2023 zal het budget weer lager zijn. Dit zet een rem op de innovatoren die nu hun product of dienst verder willen ontwikkelen.
- De ervaring leert dat de MOOI-regeling, die gericht is op grotere innovatieprojecten, de sector uitdaagt om de lat hoog te leggen. Dit heeft geleid tot meer innovatieprojecten die technische, economische, sociaal-organisatorische en juridisch-institutionele aspecten op integrale wijze aanpakken. Het Groeifonds is hierin een overtreffende trap en streeft naar nog grotere voorstellen. Tegelijkertijd zien we dat het indienen van een kansrijk MOOI-voorstel een uitdaging is, wat met name voor het MKB een barrière vormt voor deelname.
- Met het bevriezen van de TSE-regeling is het voor (mkb-)bedrijven moeilijker geworden om voor kleinere, meer gerichte, innovatieprojecten subsidie te krijgen. Om in aanmerking te komen voor de MOOI-regeling moeten deze innovaties onderdeel zijn van een groter geheel (waarbij ook de slaagkans kleiner wordt wanneer deze projecten op een kerstboom gaan lijken). De PPS-regeling is door haar opzet primair gericht op kennisinstellingen, innovaties waar geen kennisinstelling bij nodig zijn, kunnen hierdoor geen subsidie krijgen. In 2020 vulde de 'TSE Gebouwde Omgeving' subsidieregeling, een regeling bedoeld voor kleinere innovatieprojecten, dit gat op.
- Het valt te overwegen om een aantal specifieke subsidiecalls uit te zetten op specifieke innovatiethema's. Daarmee kan gericht een versnelling worden aangebracht op die thema's waarop ontwikkeling achterblijft en waarop een versnelling wenselijk is. De TSE Gebouwde Omgeving zou ook op deze wijze ingericht kunnen worden, om juist die lacunes op te pakken die binnen de MOOI-regeling onvoldoende invulling krijgen.
- 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. Tegelijkertijd 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. We constateren dat de MOOI-regeling, met de focus op schaalbare innovaties, leidt tot meer projecten op de hogere TRL's. Dit veroorzaakt in de praktijk een gat tussen beschikbare budgetten tussen innovatieprojecten in de lagere TRL's en innovatieprojecten in de hogere TRL's. Dat werkt remmend voor de doorontwikkeling van innovaties die vanuit de meer fundamentele onderzoeksprojecten gestart zijn. Ook dit pleit ervoor om de TSE Gebouwde Omgeving weer open te stellen.



- Voor een succesvolle energietransitie is bovendien veel kennisopbouw nodig. Bijvoorbeeld omtrent de milieueffecten van verschillende type opstellingen van zonneparken. Onderzoeksorganisaties kijken voor de financiering van dit onderzoek vaak naar innovatiesubsidies, maar de huidige opzet van innovatie-subsidieregelingen leent zich niet voor het financieren van dit type onderzoek. Een verbijzondering van de problematiek rondom 'onderzoek' betreft MVI. Veel MVI projecten betreft onderzoek naar drijfveren, klantreizen, gedrag, voorkeuren en is niet noodzakelijkerwijs gekoppeld aan concrete product- en dienstontwikkeling.
- De resterende periode om de tussendoelen van 2030 te behalen wordt steeds korter. Daardoor komt er (noodzakelijkerwijs) meer aandacht te liggen op de opschaling en versnelling van innovaties. Er is behoefte aan publieke inzet (van middelen) voor sectorondersteunende activiteiten om deze versnelling en opschaling te realiseren. Denk aan middelen die gericht worden ingezet op normalisatie, de ontwikkeling van digitale platforms, living labs en kennisdisseminatie.

Thematische aandachtspunten bij het inrichten van het innovatie-instrumentarium zijn:

- De HER+ vervult een belangrijke rol voor het aanjagen van innovatie omtrent hernieuwbare energie. De afgelopen jaren kwam een groot deel van het innovatiebudget voor MMIP1 en 2 uit deze regeling. Tegelijkertijd zien we dat partijen meer moeite krijgen met het indienen van succesvolle projecten op deze regeling. Dat hangt samen met de eis binnen de regeling om uiterlijk in 2030 aan CO₂-reductie bij te dragen. Ieder jaar wordt het moeilijker om dit aannemelijk te maken. Daarnaast is de voorzetting van de HER+ na 2023 niet voorzien. Er is behoefte aan een opvolgende regeling om de pijplijn van innovaties ook richting 2050 gevuld te houden.
- Het organiseren van cross-sectorale innovatie komt lastig van de grond, omdat het veel tijd en maatwerk vraagt om middelen beschikbaar te krijgen. Het risico bestaat dat kansrijke sector-overschrijdende innovaties niet van de grond komen, waardoor de energietransitie te verkokerd en daardoor minder efficiënt georganiseerd zal worden. TKI Urban Energy pleit voor het beschikbaar stellen van aparte budgetten voor dergelijke cross-overs, die via bestaande regelingen uitgezet kunnen worden. De MOOI-SIGOHE regeling uit 2021 is een goed voorbeeld dat laat zien hoe een regeling tussen verschillende missies tot stand kan komen. Een belangrijke cross-over voor missie B met missie D+ is de elektrificatie van mobiliteit, welke nu vaak tussen wal en schip valt binnen bestaande subsidieregelingen. Missie B en D+ pleiten gezamenlijk voor een aparte MOOI-call voor deze cross-over.
- Sinds 2019 zijn verschillende versnellings- en opschalingsprogramma's opgestart die gericht zijn op een aantal specifieke doelgroepen. Sinds 2019 loopt het door TKI Urban Energy en CLICKNL geïnitieerde programma Uptempo!, waarin op gestructureerde wijze aanbiedende en vragende partijen met elkaar worden verbonden voor de verduurzaming van woningen en ander vastgoed. Sinds 2022 is TKI Urban Energy de penvoerder van het programma Verbouwstromen, gericht waarin wordt samengewerkt met TKI Bouw & Techniek, Bouwcampus en Stroomversnelling. In 2022 zal bovendien het Programma Verduurzaming Bedrijventerreinen starten. Er worden kansen gezien voor aanvullende programma's op het vlak van maatschappelijk vastgoed, utiliteitsbouw en energiegemeenschappen.



Prioritaire Thema's binnen MMIP 2

Dit MMIP is een breed opgezet programma. Innovatieregelingen hebben over het algemeen een nauwere scope dan het gehele MMIP. Dat betekent dat er tijdens het opzetten van de regeling een afbakening van onderwerpen wordt gemaakt. In de opdracht voor de herijking is expliciet gevraagd naar een prioritering van innovatie-activiteiten.

Na overleg met diverse experts is vastgesteld dat het belangrijk is om te streven naar een gebalanceerd portfolio, maar dat de sector weet zelf het beste kan bepalen welke innovaties prioriteit hebben. Daarom worden hier geen hele gerichte voorstellen voor calls gedaan.

Via de innovatie monitoring unit (IMU) wordt jaarlijks gerapporteerd over de voortgang op de innovatiethema's binnen de MMIP's. Daarnaast wordt er binnen TKI Urban Energy jaarlijks een uitgebreide analyse gemaakt van het projectenportfolio. Op basis van deze rapportages is het mogelijk te bepalen welke onderwerpen goed worden opgepakt en waar 'witte vlekken' zitten in het programma. Daar kan dan gericht consortiumvorming plaatsvinden. Bijlage 3 bespreekt de belangrijkste conclusies van deze portfolioanalyse.

Algemeen kan worden gesteld dat er regelingen beschikbaar zijn over de gehele range van TRL's voor de thema's in het MMIP. Op deze meeste thema's zijn en worden inderdaad projecten opgestart.

Specifiek voor het deelprogramma 1a, technologieontwikkeling zon, geldt dat de ambitie om een gezonde Nederlandse en Europese maakindustrie op te starten, de beschikbare middelen in de innovatieregelingen ruimschoots overtreft

De orde grootte van het budget dat noodzakelijk is om een dergelijke maakindustrie te ontwikkelen en op te schalen past goed bij het Nationaal Groeifonds. Op dit moment werkt een consortium van bedrijven en kennisinstellingen aan een indiening voor het groeifonds. De scope van dit voorstel sluit naadloos aan op dit MMIP en wordt dus ondersteunt door TKI Urban Energy.

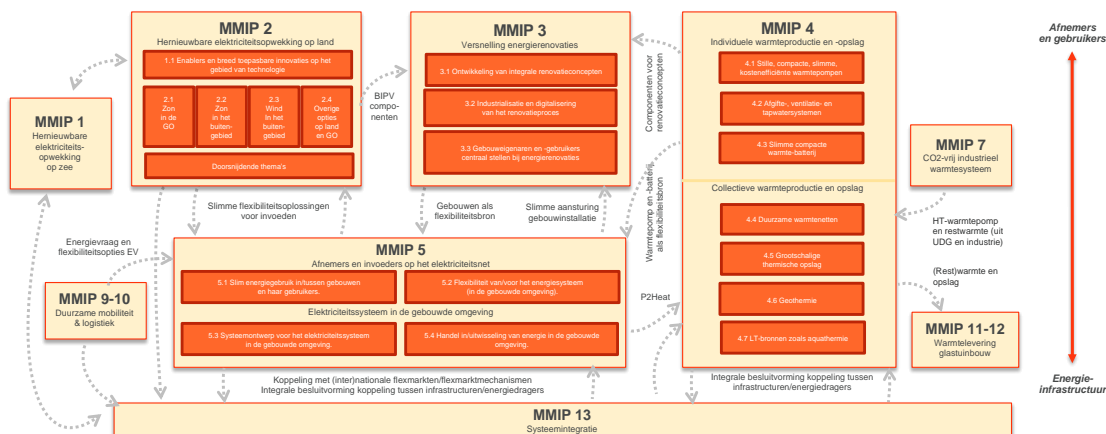
Om de rol van de Nederlandse industrie binnen een (toekomstige) Europese Zon-PV waardeketen te onderzoeken, heeft TKI Urban Energy een opdracht uitgezet.



6. Samenhang op hoofdlijnen

Samenhang met andere MMIP's

MMIP2 is onderdeel van een structuur van meerdere MMIPs die allemaal hun eigen bijdrage leveren aan het behalen van de klimaatdoelstellingen. In onderstaande figuur is weergegeven hoe de verschillende MMIP's met elkaar samenhangen.



- MMIP 1 (hernieuwbare elektriciteitsopwekking op zee) richt zich op de uitdagingen van het opwekken van elektriciteit uit zon en wind op zee. Windparken op zee vallen dus binnen de scope van MMIP 1 en windparken op land binnen de scope van MMIP 2. Ten aanzien van zonnestroomsystemen valt de ontwikkeling van drijvende zonnestroomsystemen op binnenwateren binnen de scope van MMIP 2, terwijl drijvende zonnepanelen op zee binnen de scope van MMIP 1 vallen. In het ontwikkeltraject van drijvende zonnepanelen van binnenwater naar zee werken MMIP1 en MMIP2 nauw samen. Veel van de innovaties die in MMIP1 gedaan worden voor wind op zee zijn ook bruikbaar voor wind op land. MMIP2 richt zich daarom met name op de specifieke uitdagingen voor wind op land.
- In MMIP 3 (Versnelling energierenovaties in de gebouwde omgeving) worden duurzame renovatiepakketten voor verschillende gebouwtypen ontwikkeld, opgeschaald en ingepast. Waar de focus in MMIP-3 ligt op de ontwikkeling van integrale renovatiepakketten ligt de focus in MMIP-2 op de ontwikkeling van BIPV(T)-componenten voor deze renovatiepakketten. Omdat een integraal renovatieconcept met zonne-energie-opwekfunctie alleen succesvol kan worden ontwikkeld in een integraal proces is dit thema in beide MMIP's opgenomen. Het slim aansturen van deze componenten om flexibiliteit te ontsluiten en tot waarde te maken wordt in MMIP5 ontwikkeld.
- In MMIP 5 (Elektrificatie van energiesysteem in de gebouwde omgeving) worden oplossingen ontwikkeld voor een betrouwbaar, efficiënt, betaalbaar, slim, integraal en maatschappelijk gedragen systeem van opwek, opslag, conversie, transport en gebruik van elektriciteit in de gebouwde omgeving. Een 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.



- MMIP 13 (Systeemintegratie) richt zich op de transitie van het huidige, grotendeels op fossiele brandstoffen gebaseerde energiesysteem naar een hybride (2030) en duurzaam (2050) en maatschappelijk gedragen geïntegreerd energiesysteem. Collectieve warmtenetten kunnen worden ingezet om het elektriciteitsnet te balanceren. Op momenten dat er een overschot aan elektriciteit is, kunnen warmtepompen worden aangestuurd en grootschalige seizoenbuffers voor warmte-opslag worden geladen. Het is van belang dat deze optie wordt meegenomen en wordt afgezet tegen andere alternatieven zoals H₂-productie.

Hernieuwbaar opgewekte elektriciteit voedt de energietransitie in andere sectoren. Dat geeft kansen voor vruchtbare samenwerkingen.

Samenhang met andere kennisagenda's en instrumenten

Er vindt nauwe afstemming plaats tussen dit MMIP en de Vraaggestuurde Programma's (VP's) van TNO. Daartoe stelt TNO jaarlijks VP-plannen op, die worden besproken met (in dit geval) TKI Urban Energy en TKI Wind op Zee en met het Ministerie van EZK. Na eventuele bijstellingen geven deze plannen richting aan de acquisities van TNO in nationale en Europese programma's en de inzet van de daarvoor benodigde matching uit eigen middelen en aan besteding van de eventueel resterende middelen binnen de zogenaamde Kennis Investerings Projecten (KIP's). De VP-plannen, alsmede de VP-jaarverslagen worden in verkorte vorm ook openbaar gemaakt via publicatie op de TNO-site.

Met NWO vindt er op dit moment voor individuele calls afstemming met het MMIP plaats over de thema's.

Afstemming met Europese onderzoekprogramma's en in het bijzonder Horizon Europe vindt vooralsnog informeel plaats, onder meer via Nederlandse deelname aan Het European Technology and Innovation Platform for Photovoltaics (ETIP PV) en de Nederlandse inbreng in de European Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA), via deelname aan de SET Plan Implementation Working Group (IWG) PV en aan EERA (mede via NERA). Op die wijze is ook afstemming tussen de SRIA voor het komende Clean Energy Transition Partnership (CETP) onder Horizon Europe en het MMIP georganiseerd. Omgekeerd worden de inzichten en prioriteiten uit Europese organisaties en programma's ingebracht bij de discussies rondom het MMIP (bijvoorbeeld in het Programma Advies College).

Daarnaast biedt het Nationaal Groeifonds een interessante mogelijkheid om deelprogramma's versneld tot uitvoering te brengen.



7. Stakeholders en actoren

Dit onderdeel zet de betrokken partijen uiteen opgesplitst per deelprogramma.

1a Zonnestroomtechnologieën

Dit deelprogramma bouwt voort op het TKI Urban Energy programma van de Topsector Energie, de roadmap Solar Energy van TNO, het nationale onderzoeknetwerk SOLARLab (dit omvat TNO, TNO en Solliance, de academische groepen bij AMOLF, RUG, TUD, TU/e, UT, UU, UvA, VU en WUR en de hogescholen Zuyd en Amsterdam Academy of the Arts) en de partners in het publiek-private samenwerkingsverband Solliance (TNO, imec, FZ Jülich, TU/e, TUD, UT, RUG, UHasselt). De betrokken ecosystemen omvatten de hele keten van producenten van materialen (zoals DSM, Sabic, Tata, Eternit, Trespa), machines (zoals VDL ETG, Tempres, Smit Thermal Solutions, Meyer Burger, Eurotron), materialen (zoals HyET, Avancis), integrators (Kameleon Solar, Exasun, Solarge, dak- en gevelelementen, infrastructuur, water), bouw- en constructiebedrijven en architectenbureaus. Via deze consortia is aansluiting gevonden bij de Europese brancheorganisatie Solar Power Europe en Europese roadmaps (ETIP PV, EERA, SET-plan PV). Tevens werken de consortia nauw samen met vrijwel alle kennisinstellingen en producenten in Europa op het gebied van kristallijn-silicium en dunne-films (CIGS, PSC, OPV, aSi, III-V) in contractresearch, partnerprogramma's, Horizon2020, ERANET, Horizon Europe, Interreg en KIC-EIT. Tenslotte participeren deze consortia ook in diverse taakgroepen van de International Energy Agency (onder andere op het gebied van zonnestroomtechnologie, integratie, levensduur en kwaliteit).

Daarnaast dient er voor dit deelprogramma verkend te worden hoe er het best kan worden aangesloten bij het recente Europese initiatief om meer maakindustrie voor zonnestroom te realiseren in Europe, de 'Solar Manufacturing Accelerator'.

Extra aandacht is nodig voor het laten opschalen en doorstromen van innovatieve producten vanuit start-ups en scale-ups. Bekendheid bij opdrachtgevers en implementatiepartijen is hiervoor een voorwaarde. Het initiatief Uptempo! Van TKI Urban Energy kan hier een rol bij spelen alsook een nauwe samenwerking tussen de netwerken van TKI Urban Energy en Holland Solar en NWEA.

Naast energie gerelateerde initiatieven wordt ook nadrukkelijk de samenwerking gezocht met andere sectoren zoals de chemiesector (integratie met elektrochemie, waterstof, power to gas), de agrarische sector (gewasteelt en -monitoring, biodiversiteit), de creatieve sector (inpassing in het landschap, inpassing in de gebouwde omgeving, perceptieonderzoek), en met de KIA Circulaire Economie (materiaalgebruik, circulariteit, etc.).



1b Windenergietechnologieën

Dit deelprogramma bouwt voort op het TKI Wind op Zee programma van de Topsector Energie en de roadmap Wind Energy van TNO. Onderzoek voor wind op land heeft de afgelopen jaren in Nederland weinig ruimte gekregen. Maar de leden van de Nederlandse Wind Energie Associatie (NWEA) geven aan dat er grote behoefte is aan innovaties omdat de doelstellingen van de overheid anders niet worden gehaald. Belangrijke onderzoekpartners zijn TNO, KNMI, TU Delft, CWI, WUR en Rijksuniversiteit Groningen. De kennissector in Nederland werkt nauw samen met Europese kennisinstellingen via EERA en de industrie in Europa via ETIP-Wind.

2a Zonnestroomsystemen in de gebouwde omgeving

Bij het ontwikkelen van innovatieve systeemcomponenten ontmoeten burgers, bouwbedrijven, installateurs, architecten, leveranciers van bouwproducten en de zonnestroomsector elkaar. Het bijeenbrengen van al deze partijen is een van de redenen geweest voor de oprichting van het Nationaal Consortium Zon op Gebouw en BIPV Nederland. Deze initiatieven zullen nadrukkelijk de samenwerking zoeken met productontwerpers in CLICK-NL, de materiaalkundigen in de KIA Circulaire Economie en partijen actief in MMIP3 (de bouw- en installatiesector). In dit deelprogramma worden systeemcomponenten ontwikkeld die in MMIP3, in integrale renovatieconcepten, worden toegepast. Voor het onderzoeken van de benodigde markt- en beleidsinnovaties wordt nauw samengewerkt met Holland Solar, NVDE, Techniek Nederland en Bouwend Nederland.

Het Nationaal Consortium Zon op Infra (een initiatief van TNO en RWS) is een samenwerkingsverband van (nationale, regionale, en lokale) overheden, bedrijven, kennisinstellingen en belangenorganisaties. Een belangrijke activiteit van het consortium is het initiëren en uitvoeren van innovatieprojecten waarbij de opwekking van zonnestroom wordt geïntegreerd in de infrastructuur. Hierbij is het van belang om samen beter en gericht kennis te delen rondom de technische, economische en juridische mogelijkheden van (geïntegreerde) zonne-energiesystemen in de publieke infrastructuur.

2b. Zonnestroomsystemen in het buitengebied

Samenwerking van stakeholders en actoren Zon in landschap

Voor het succesvol implementeren van dit deelprogramma is een nauwe samenwerking tussen de zonnestroomsector, verschillende land- en tuinbouworganisaties, netwerkbeheerders, opstellers van wet- en regelgeving en de creatieve industrie essentieel. Daarom zal bij het uitvoeren van dit programma nadrukkelijk de samenwerking worden gezocht met MMIP5 en MMIP13, met Netbeheer Nederland, met LTO Noord en Zuid, en met CLICK-NL, de TKI van de Topsector Creatieve Industrie. De RES-regio's en het ondersteuningsprogramma NP-RES vormen ook een belangrijk netwerk om innovaties op het gebied van zonnepark ontwerp, ontwikkeling en participatie te laten landen. Daarnaast zal op het gebied van materiaalissues en circulair ontwerpen de samenwerking worden gezocht met de Kennis & Innovatie Agenda Circulaire Economie.



2c. Windparken in het buitengebied

In het deelprogramma 'Windparken in het buitengebied' komen meerdere sectoren bij elkaar die samen vorm moeten geven aan een functioneel geïntegreerde oplossing. Bij de ontwikkeling van windparken op land moet met een aantal aspecten rekening worden gehouden: de benodigde subsidie zal in toenemende mate moeten afnemen, er is systeemintegratie nodig om het windvermogen op het energiesysteem aan te sluiten, en het ruimtelijke vraagstuk moet worden geadresseerd. Diverse geledingen van de maatschappij spelen hierbij een rol. De ontwikkeling van de windsector op land levert economische activiteit en werkgelegenheid op met meerwaarde voor het bedrijfsleven. Technische en sociale ontwikkelingen vinden plaats in samenwerking met bedrijfsleven, maatschappelijke organisaties, onderzoeksinstituten en universiteiten.

3 Inpassing in het Energiesysteem

In dit deelprogramma wordt samenwerking gezocht met de netbeheerders en leveranciers van innovatieve oplossingen voor het energiesysteem. Dit gebeurt in samenwerking met MMIP5 en MMIP13.

4 Circulariteit

In dit deelprogramma spelen de bedrijven die componenten produceren een belangrijke rol. Daarnaast wordt aansluiting gezocht bij de KIA circulaire economie en partijen verantwoordelijk voor de recycling van componenten zoals Stichting OPEN.

Human capital

Holland Solar, NWEA en NVDE zijn in dit deelprogramma de belangrijkste regisseurs. Voor onderdelen van dit deelprogramma zal de samenwerking worden gezocht met andere instanties. Voor de Human Capital Agenda wordt samenwerking gezocht met de MBO-raad, de HBO-raad, de VNSU, het lectorenplatform Urban Energy, met het HCA-team van de Topsector Energy en met andere MMIP's. Voor specifieke marktontwikkelingen zal samenwerking worden gezocht met BIPV NL, Techniek Nederland, Bouwend Nederland, Nederlandse Vereniging Toeleveranciers Bouw, de Bond van Nederlandse Architecten, etc. Voor de ontwikkeling van passende tools en instrumenten om de markt verder te stimuleren wordt de samenwerking gezocht met desbetreffende ministeries (EZK, BZK, I&W, O&W) en relevante uitvoeringsorganisaties zoals RWS, RVB en RVO.



8. Omgevingsanalyse op hoofdlijnen

De afgelopen jaren is de ontwikkeling van het innovatiesysteem van de energietransitie hernieuwbare elektriciteit op land en in de gebouwde omgeving niet systematisch gemonitord. Dit was voor het laatst het geval in de periode van 2011 tot 2015 toen er een jaarlijkse monitor werd uitgevoerd door TNO. Uit de laatste versie blijkt dat alle innovatiefuncties nog onvoldoende ingevuld waren⁹.

Sindsdien zijn de inspanningen op dit onderwerp echter versneld. Zo is er met de MMIP 3/4 regeling en de verschillende MOOI rondes substantieel meer innovatiesubsidie beschikbaar gekomen voor integrale oplossingen en zijn bijvoorbeeld de inspanningen van TKI Urban Energy sinds 2017 gericht op behalen van de missies. Daarnaast zijn het afgelopen jaar gebouwdeigenaren veel actiever bezig gegaan met het verduurzamen van hun pand, vanwege de hoge energieprijzen. Ook is het duidelijk dat het aanbieden van verduurzamingsconcepten gemeengoed is geworden. Waar vroeger alleen een beperkt aantal koploper bedrijven zich op deze markt begaven zijn nu de meeste installateurs, aannemers en onderhoudspartijen op deze markt actief. Ook voor toeleveranciers worden producten voor verduurzaming steeds meer onderdeel van hun primaire assortiment.

Voor een recentere analyse van het innovatiesysteem van de energietransitie gebouwde omgeving is de master scriptie van Kasper Baarends (2022) beschikbaar¹⁰. Hij heeft op basis van 30 interviews en een uitgebreide literatuurstudie de volgende sterke en zwakke punten voor de zeven innovatiefuncties vastgesteld:

Ondernemerschap	
(+) veel ondernemersactiviteiten op het gebied van (technologische) oplossingen (+) goed ondernemersklimaat voor technologisch ondernemen	(-) gebrek aan ondernemersactiviteit met betrekking tot integrale oplossingen en procesinnovatie (-) achterblijvende ondernemersactiviteit op het gebied van digitalisering en industrialisatie (-) sociaal ondernemerschap beperkt in vergelijking met technologisch ondernemerschap (-) beperkte ondernemersactiviteit gericht op (keten)samenwerking
Kennisontwikkeling	
(+) sterke fundamentele kennisontwikkeling (+) sterke technologische kennisontwikkeling	(-) achterblijvende ontwikkeling van maatschappelijke kennis (-) onvoldoende kennisontwikkeling op gemeentelijk niveau (-) kennis onvoldoende ingebed op gemeentelijk niveau
Kennisverspreiding in het netwerk	
(+) stakeholders verspreiden actief kennis	(-) onvoldoende verspreiding van kennis naar de samenleving, met name huiseigenaren

⁹ TNO 2015 R10552 Rapport Reflectieve Doelbereik Monitor IAGO

¹⁰ [Baarends \(2022\) Analysis of the Dutch Mission-oriented Innovation System \(MIS\) for a natural gas-free built environment](#)



(+) hoge bereidheid om kennis te verspreiden	(-) kennisverspreiding vaak oppervlakkig en beperkt domeinoverstijgend (-) onvoldoende kennisverspreiding naar en tussen KMO's
Richting aan het zoekproces	
(+) hoge prioriteit transitie aardgasvrij (+) veel stakeholders voelen zich verbonden met de missie (+) toenemende prioriteit voor het uitfaseren van aardgas als gevolg van de oorlog tussen Oekraïne en Rusland (+) breed gedragen visie op benodigde technologische oplossingen (+) voldoende toezicht op de algemene voortgang van de missie	(-) prioritering op het gebied van energie-onafhankelijkheid kan leiden tot suboptimale oplossingen (-) onvoldoende sturing gegeven aan de uitvoering van de missie en de implementatie van de oplossingen (-) onvoldoende sturing vanuit de Visies op Hitte (TVW) (-) zwakke oplossingsgerichtheid geleverd door de nationale overheid (-) onvoldoende evaluatie van de effectiviteit van de verschillende beleidsinstrumenten (-) onvoldoende toezicht op de voortgang van de missie
Markt	
(+) sterke prikkel om deel te nemen aan marktformingsactiviteiten vanwege het marktpotentieel (+) opkomende markten voor aardgasvrije oplossingen (+) destabiliserend beleid in ontwikkeling	(-) gasloze oplossingen vaak niet vraaggestuurd, waardoor marktforming wordt beperkt (-) huidige markten voor aardgasloze oplossingen onderontwikkeld (-) Rijksoverheid houdt zich beperkt bezig met destabilisatieactiviteiten
Mobiliseren middelen	
(+) grote beschikbaarheid financiële middelen voor de energietransitie (+) veel middelen beschikbaar voor technologische innovaties	(-) onvoldoende gemobiliseerde financiële middelen binnen de gebouwde omgeving (-) onvoldoende mobilisatie van middelen om gemeenten te ondersteunen bij de wijkgerichte aanpak (-) onvoldoende mobilisatie van financiële middelen voor huishoudens met lage en middeninkomens (-) gebrek aan personele middelen binnen de gebouwde omgeving
Omgaan met weerstand tegen verandering	
(+) toenemende legitimiteit aardgasloze transitie (+) De oorlog tussen Oekraïne en Rusland heeft het belang van het uitfaseren van aardgas op de voorgrond geplaatst, waardoor de legitimiteit van de aardgasloze transitie is toegenomen (+) positieve beweging naar groeiende legitimiteit voor initiatieven van onderaf (+) groeiende legitimiteit aardgasvrije oplossingen	(-) legitimiteit transitie aardgasvrij bij bewoners beperkt vanwege impact (financiële, persoonlijke omgeving) (-) legitimiteit bottom-up initiatieven worden nog steeds als laag beschouwd (-) geringe legitimiteit voor sommige technologische oplossingen (o.a. warmtenetten en waterstof)

Het verdient aanbeveling om weer een systematische monitoring van het innovatiesysteem voor de energietransitie hernieuwbare elektriciteit op land en in de gebouwde omgeving in te stellen.



9. Communicatie en disseminatie

Resultaten uit de innovatieprojecten voortvloeiend uit dit MMIP worden actief gedeeld via uitgebreide rapportages, publieke samenvattingen en presentaties tijdens bijeenkomsten. 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.

Met de oprichting van een aantal Nationale Consortia (Zon op Gebouw, Zon in Landschap, Zon op Water, Zon op Infra) en het reeds bestaande 'PV-TKI' -netwerk beschikt Nederland op alle zonnestroomtoepassingen over een sterk ecosysteem dat op regelmatige basiskennis met elkaar uitwisselt. Doordat de Nationale Consortia worden gevormd door partijen uit het 'platina vierkant' (bedrijven, kennisinstellingen, NGO's en overheden), komen alle oplossingen die in het MMIP worden ontwikkeld tegemoet aan zowel commerciële als maatschappelijke eisen en wensen. Overigens, deze Nationale Consortia hebben geen statisch karakter en ze staan open voor elke organisatie in Nederland die op een bepaald toepassingsgebied actief is, of wil worden. Het is de verwachting dat de Nationale Consortia in de komende periode nog verder zullen uitbreiden.

Gedurende het jaar organiseert elk Nationaal Consortium ten minste één kennis-evenement en één keer per kalenderjaar wordt door Holland Solar, TKI Urban Energy, TNO en Rijkswaterstaat en diverse andere organisaties gezamenlijk het SundayNL-congres georganiseerd. In dit congres komen alle deelprogramma's samen in één evenement. Door deze set van kennisbijeenkomsten is het uitwisselen van kennis efficiënt en effectief georganiseerd en zal de implementatie op deze toepassingsgebieden een versnelling doormaken.



10. Samenvattende tabel

A. Missie	Doel Missie A: Een volledig CO2-vrij elektriciteitssysteem in 2050			
B. MMIP (wat is er nodig voor missie bereik?)	Doel MMIP2: Het door onderzoek en innovatie faciliteren en mogelijk maken van de ontwikkeling van de geplande 42 TWh/jr in 2030 (klimaatakkoord) van wind op land en zon op land, binnenwater en in stedelijk gebied en uitzicht op een potentiële bijdrage van 200 TWh/jr in 2050 tegen zo laag mogelijke maatschappelijke kosten.			
C. Deel programma's	1. Technologieontwikkeling en productie zon en wind	2. Toepassings-ontwikkeling zon en wind	3. Inpassing van hernieuwbare elektriciteit in het energiesysteem	4. Circulariteit van hernieuwbare opweksystemen
Deelprogramma	Technologieontwikkeling en productie zon en wind			
D. Onderwerpen	1a Zonnestroomtechnologieën en maakindustrie		1b Wind energietechnologieën	
E. Nederlandse inzet	Hoog		Laag	
Doelstelling subdeel-programma	<ul style="list-style-type: none"> Kostenreductie van panelen/folies tot 0,10 EUR/Wp of minder in 2030; Rendementsverhoging van panelen/folies tot 25%-30% in 2030 en 40% of meer in 2050; Levensduurverlenging van panelen/folies tot 35 jaar of meer. Circulariteit bij Nederlandse zonne-energie-industrie geïmplementeerd: kleine ecologische voetafdruk, efficiënt materiaalgebruik, <i>design for recycling</i>. Zonnestroomtechnologie moet (waar relevant) integreerbaar zijn om zo toegevoegde waarde te leveren aan objecten en elementen. Hoge standaard op het gebied van betrouwbaarheid en veiligheid. Componenten zijn zo ontworpen kan de kans op installatiefouten minimaal is en falen alleen op een veilige manier. 		<p>Doel van dit subdeelprogramma is het ontwikkelen van technische innovaties, proces- en systeeminnovaties en publiek engagement om de implementatie van windenergie in het buitengebied te faciliteren en te vergroten.</p> <ul style="list-style-type: none"> Demonstratie in 2030 van technologie om geluid van windturbines > 1MW met 5 dB te verminderen Demonstratie in 2030 van productietechnologie waarmee een turbineblad van commerciële afmetingen circulair kan worden geproduceerd. Eerste demonstratie in 2030 van nieuwe technologie waarmee ecologische impact op vogels en vleermuizen kan worden verminderd. 	
F. Nederlandse activiteiten	<p>Speerpunten/kennisvragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Nieuwe materialen en processen voor lichtabsorberende lagen en functionele coatings Ontwerp en testen van geavanceerde zonnecellen, tandemstructuren, panelen en folies (samen: 'devices'); Productieconcepten, -processen en -systemen voor zonnecellen, halfabricaten, panelen en folies (<i>batch</i> en <i>roll-to-roll</i>) en voor verbetering van duurzaamheid en circulariteit; Functie-integratie van opwekking van zonnestroom in objecten en elementen ten behoeve van gebuuen, infrastructuur, landschap, water, vaar- en voertuigen, etc. Ontwikkelen van intelligentie op cel- en (sub-)moduleneiveau voor het bevorderen van energetische inpassing, opbrengstmaximalisatie en veiligheid. 		<p>Speerpunten/kennisvragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Verminderen geluid van windturbines Ecologische inpassing: verminderen impact op vogels en vleermuizen Circulariteit: verbeteren recyclebaarheid van turbinebladen Kwaliteit en veiligheid van wind op land verbeteren 	



Missie	Doel Missie A: Een volledig CO2-vrij elektriciteitssysteem in 2050			
MMIP (wat is er nodig voor missie bereik?)	Doel MMIP2: Het door onderzoek en innovatie faciliteren en mogelijk maken van de ontwikkeling van de geplande 42 TWh/jr in 2030 (klimaatakkoord) van wind op land en zon op land, binnenwater en in stedelijk gebied en uitzicht op een potentiële bijdrage van 200 TWh/jr in 2050 tegen zo laag mogelijke maatschappelijke kosten.			
Deel programma's (wat is er nodig voor MMIP-bereik?)	1. Technologieontwikkeling en productie zon en wind	2. Toepassings-ontwikkeling zon en wind	3. Inpassing van hernieuwbare elektriciteit in het energiesysteem	4. Circulariteit van hernieuwbare opweksystemen
Deelprogramma	Toepassings-ontwikkeling zon en wind			
Onderwerpen	2a Zonnestroomsystemen in de gebouwde omgeving	2b Zonnestroomsystemen in het buitengebied	2c Windparken in het buitengebied	
Nederlandse inzet	Hoog	Hoog	Laag	
Doelstelling subdeel-programma	Het technisch en economisch ontsluiten van voldoende oppervlak op daken en gevels van gebouwen, parkeerplaatsen, geluidsschermen, voertuigen en andere verharde oppervlakken om minimaal 100 TWh/jr aan zonnestroom te kunnen opwekken in 2050 en te kunnen invoeden in het energiesysteem. In 2030 zijn er geen daken meer 'ongeschikt' voor PV door constructieve beperkingen of brandveiligheid. De LCOE van grootschalige zon-op-dak systemen is in 2030 50 €/MWh en in 2050 30 €/MWh. Daarnaast zijn er businessmodellen voor het volledig vullen van daken van gebouwen, het aanleggen van zonnegevels, carports en geluidsschermen. De inzet van personeel tijdens de productie, installatie en operatie van zonnestroomsystemen is met tenminste 50% verminderd door productinnovatie, robotisering en digitalisering;	Het technisch en economisch mogelijk maken van zonneparken op land en (groot) binnenwater die ruimtelijk en energetisch zijn ingepast in de omgeving en medegebruik faciliteren, met minimale impact en waar mogelijk meerwaarde voor de lokale natuur. De LCOE van grootschalige zonneparken die voldoen aan de inpassingseisen is in 2030 50 €/MWh en in 2050 30 €/MWh. Daarnaast zijn er businessmodellen voor combinatie met landbouw (Agri-PV). De inzet van personeel tijdens de productie, installatie en operatie van zonnestroomsystemen is met tenminste 50% verminderd door productinnovatie, robotisering en digitalisering;	Het technisch en economisch mogelijk maken van windparken op land en (groot) binnenwater die ruimtelijk en energetisch zijn ingepast in de omgeving en medegebruik faciliteren, met minimale impact en waar mogelijk meerwaarde voor de lokale natuur. De LCOE van grootschalige windparken die voldoen aan de inpassingseisen is in 2030 50 €/MWh en in 2050 30 €/MWh. De inzet van personeel tijdens de productie, installatie en operatie van windparken is met tenminste 50% verminderd door productinnovatie, robotisering en digitalisering;	
Nederlandse activiteiten	<p>Speerpunten/kennisvragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Multifunctioneel ruimtegebruik, functie-integratie, en esthetische inpassing Bevestiging van het systeem en constructieve beperkingen van het gebouw Verlagen van de kosten en het verbeteren van de maatschappelijke business-case Optimale integratie in het energiesysteem en lokale flexibiliteitsoplossingen Het garanderen van de kwaliteit en (brand)veiligheid van het systeem Integrale duurzaamheid en recycling Levensduur, betrouwbaarheid en robuustheid verhogen 	<p>Speerpunten/kennisvragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Kostenreductie en het verbeteren van de business case Multifunctioneel ruimtegebruik en functie-integratie Biodiversiteit en natuurwaarde optimalisatie Energetische inpassing Integrale duurzaamheid en recycling Maatschappelijke draagvlak Levensduur, betrouwbaarheid en robuustheid verhogen Energielandschappen 	<p>Speerpunten/kennisvragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Kostenreductie en het verbeteren van de business case Maatschappelijke draagvlak Kwaliteit en veiligheid Reduceren van geluidshinder Ruimtelijke inpassing Ecologische inpassing Energielandschappen 	



Missie	Doel Missie A: Een volledig CO2-vrij elektriciteitssysteem in 2050			
MMIP (wat is er nodig voor missie bereik?)	Doel MMIP2: Het door onderzoek en innovatie faciliteren en mogelijk maken van de ontwikkeling van de geplande 42 TWh/jr in 2030 (klimaatakkoord) van wind op land en zon op land, binnenwater en in stedelijk gebied en uitzicht op een potentiële bijdrage van 200 TWh/jr in 2050 tegen zo laag mogelijke maatschappelijke kosten.			
Deel programma's	1. Technologieontwikkeling en productie zon en wind	2. Toepassings-ontwikkeling zon en wind	3. Inpassing van hernieuwbare elektriciteit in het energiesysteem	4. Circulariteit van hernieuwbare opweksystemen
Deelprogramma's	Inpassing van hernieuwbare elektriciteit in het energiesysteem			
Onderwerpen	Dit deelprogramma heeft geen subdeelprogramma's			
Nederlandse inzet	Hoog			
Doelstelling deel-programma	De hoeveelheid opgewekte energie per eenheid beschikbare netcapaciteit wordt verhoogd door vormen van energieconversie en -opslag, lokale optimalisatie in vraag en aanbod, waar nodig curtailment en faciliterende wet- en regelgeving. Voor zonnestroomsystemen is met behulp van bovenstaande technieken de capaciteitsfactor van de netaansluiting in 2030 minimaal verdubbeld t.o.v. 2021 van ca. 0.12 tot ca. 0.25, ofwel 2200 vollasturen			
Nederlandse activiteiten	Speerpunten/kennisvragen: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inzet flexibiliteit voor (tijdelijk) verlagen van (piek)belasting elektriciteitsnet ▪ Cable pooling ▪ Elektrische opslagsystemen ▪ Nieuwe kaders voor inzet flexibiliteit bij hernieuwbare opwek ▪ Verbetering aanleg en uitbreiding van infrastructuur 			



Missie	Doel Missie A: Een volledig CO2-vrij elektriciteitssysteem in 2050			
MMIP (wat is er nodig voor missie bereik?)	Doel MMIP2: Het door onderzoek en innovatie faciliteren en mogelijk maken van de ontwikkeling van de geplande 42 TWh/jr in 2030 (klimaatakkoord) van wind op land en zon op land, binnenwater en in stedelijk gebied en uitzicht op een potentiële bijdrage van 200 TWh/jr in 2050 tegen zo laag mogelijke maatschappelijke kosten.			
Deel programma's	1. Technologieontwikkeling en productie zon en wind	2. Toepassings-ontwikkeling zon en wind	3. Inpassing van hernieuwbare elektriciteit in het energiesysteem	4. Circulariteit van hernieuwbare opweksystemen
Deelprogramma's	Inpassing van hernieuwbare elektriciteit in het energiesysteem			
Onderwerpen	Dit deelprogramma heeft geen subdeelprogramma's			
Nederlandse inzet	Hoog			
Doelstelling deelprogramma	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zonnepanelen hebben in 2030 een omzettingsrendement van >30%, een levensduur van >35 jaar en een circulair ontwerp zonder zeer schaarse grondstoffen (met name indium, gallium) en giftige stoffen (met name lood, PFAS, antimoon)). Minstens 50% van de benodigde zonnestroomcomponenten en windturbine componenten wordt lokaal (EU) geproduceerd; ▪ Nieuwe zonnestroomsystemen en windparken zijn vergaand circulair. De herkomst van gebruikte materialen is bekend en voldoet zoveel mogelijk aan de IMVO eisen; De materialen kunnen voor minstens 90% hoogwaardig gerecycled worden 			
Nederlandse activiteiten	Speerpunten/kennisvragen: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ontwerp voor duurzaamheid en hergebruik ▪ Verlengen levensduur nieuwe installaties ▪ Verlengen levensduur bestaande systemen ▪ Verbeteren recyclingmogelijkheden bestaande panelen en windmolens ▪ Ontwikkelen circulaire businessmodellen 			



Colofon

Elk jaar worden innovatieprojecten afgerond, worden nieuwe projecten opgestart, worden projectconsortia bezocht of nader bestudeerd en worden er onderzoeksopdrachten 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' ¹¹.

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 Advies Colleges (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 de Missie Innovatieteams Gebouwde Omgeving en Elektriciteit.

Het Programma Adviescollege van MMIP2 bestaat uit de volgende personen: Gerrit Jan Schaeffer (voorzitter), Miro Zeman (TU Delft), Arthur Weeber (TNO), Peter Eecen (TNO), Rik Jonker (RWS), Marieke Rietbergen (Design Innovation Group), Ruben Prins (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat), Bert Janson (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland), en Peter Paul Weeda (Groenleven).

Dit document is in 2019 tot stand gekomen onder coördinatie en eindredactie van Wijnand van Hooff (TKI Urban Energy), Robin Quax (TKI Urban Energy) en Wim Sinke (NERA). In het kernteam ten behoeve van de totstandkoming van dit document zaten: Rianne Post (Min EZK), Bert Janson (RVO.nl), Marco Kolkman (RVO.nl) en Karen Kooi (NWEA).

In het ondersteunende schrijfteam van dit document zaten de volgende experts: Peter Eecen (TNO), Ruud Derks (BIPV Nederland), Wiep Folkerts (TNO/TNO), Mattijs Erbeveld (Rijkswaterstaat), Hans de Neve (TNO/Solliance), Rik Jonker (RWS), Ad van 't Zelfde (BAM), Sten de Wit (SolaRoad), Arthur Weeber (TNO/TU Delft), Bastiaan Vader (NWEA), Ando Kuypers (TNO/Solliance), Kay Cesar (TNO), Lenneke Slooff (TNO).

Van de volgende experts hebben we individuele feedback op concepten van het document ontvangen, waarmee we het document op belangrijke punten hebben kunnen verbeteren:

¹¹ 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'.

Martine Roza (Min EZK), Marc Londo (NVDE), Gerrit Jan Schaeffer (Energyville), Corline Koolhaas (KNMI), Hans Welschen (Innovative Energy Concepts), Alex Schotman (WUR), Albert Polman (AMOLF), Sven Stremke (WUR), Wilma Eerenstein (Rennergize), Gerard de Leede (Solarge/ JADS), Jadranka Cace (Rencom), Linda Steg (RUG), Goda Perlaviciute (RUG), Ivo Booijink (RWS), Roland Valkenburg (TNO/TNO), Wilfried van Sark (UU), Robin Quax (HyET Solar), Bouwe Meijer (TKI Urban Energy), Rogier Groeneveld (TKI Urban Energy), Rik te Raa (TKI Urban Energy), Maarten de Vries (TKI Urban Energy), John Post (TSE), Mari van Dreumel (Min I&W), Joost Koch (RVO.nl), Sandra de Keijzer (RVO.nl), Eelco van der Eijk (Min EZK), Marcel Hoek (NWO), Laetitia Ouillet (TU/e), Harm van der Beek (Min EZK), Lennert Goemans (Min EZK) en Reinier Romein (UVW).

Gedurende het proces in 2019 is een vijftal bijeenkomsten georganiseerd om te discussiëren over, en feedback te ontvangen op, de inhoud van het conceptdocument op specifieke onderdelen. Aan deze bijeenkomsten hebben de volgende experts deelgenomen:

Zon op Water: Joop Andreae (GroenLeven), Bram van der Beek (Waterschap Rivierenland), Willem Biesheuvel (GroenLeven), Erwin de Bruin (WML), Humfrey Disco (SolarEdge), Arnoud van Druten (Floating Solar B.V.), Denis Dullaart (Gemeente Rotterdam), Joost van Eekhout (Praxiz Solar Sustainable Projects), Mattijs Erbeveld (Rijkswaterstaat), Wiep Folkerts (TNO/TNO), Roelof Gort (Waterschap Drents Overijsselse Delta), Edward Groenewoud (Fontis Watertechniek), Mark de Groot (Waternet), Nynke Hermelink (RVO.nl), Allard van Hoeken (Oceans of Energy), B. Hofes (Evides), Wijnand van Hooff (TKI Urban Energy), Bert Janson (RVO.nl), Minne de Jong (TNO/TNO), P.E. de Jong (Provincie Overijssel), Johan Jonker (HHNK), Alexander Keijser (Gemeente Rotterdam), Roland Van der Klauw (Wocozon), Marco Kolkman (RVO.nl), Sven Kramer (DAREL), Jan Kroon (TNO), Basil van Laake (SolarEdge), Hans Lambrechts (Sunprojects), Sibren Loos (Deltares), Dirk Mathijssen (Evides), P. van der Meij (ALFEN), Donald Mollee (PWN), Nico Pattiwael (Gemeente Rotterdam, Rob Portielje (RWS), Bjorn Prudon (Waterschap Rivierenland), Ronald Rense (Rijkswaterstaat WVL), Bob Roessink (RWS), Maarten Romijn (HydroPV Technologies), Otwin van Saane (Provincie Zuid-Holland), Puck Sanders (Vattenfall), Marco van Schaik (Stowa / Unie van Waterschappen), Nicol Schermer (Texel4trading bv), Sassan Shaidary (O-Metrix Expertise), Wim Sinke (TNO/NERA), Piet Sinke (RVO.NL), Wim Soppe (TNO/Solliance), Mark Straver (Lightsource BP), Michelle Talsma (STOWA), Lex Tholen (Holt Holding BV), Pieter Veltman (HyET Hydrogen BV), Willem Vermeulen (Sunfloat), Rudi Visser (O-Metrix Expertise), Kees Vlak (Rijkswaterstaat).

Zon op Infra: Ronn Andriessen (TNO-Soliance), Jaap Baarsma (1954), Peter Boon (provincie Noord-Holland), Anne ten Brummelhuis (Omgevingsdienst Veluwe IJssel), Hans De Neve (TNO-TNO), Humfrey Disco (Solaredge), Denis Dullaart (gemeente Rotterdam), Mattijs Erbeveld (Rijkswaterstaat), Ronalt Folbert (Heijmans), Nynke Hermelink (RVO.nl), Wijnand van Hooff (TKI Urban Energy), Bert Janson (RVO.nl), Minne de Jong (TNO/TNO), Peter de Jong (Provincie Overijssel), Johan Jonker (HHNK), Alexander Keijser (Gemeente Rotterdam), Bernadet Keijsper (Provincie Zuid-Holland), Mark van Kerkhof (provincie Brabant), Marco Kolkman (RVO.nl), Basil van Laake (SolarEdge), Simon Lubach (Rijkswaterstaat), Donald Mollee (PWN), Nico Pattiwael (Gemeente Rotterdam), Maarten Romijn (HydroPV Technologies), Paul Rutte (Provincie Noord Holland), Puck Sanders (Vattenfall), Marco van Schaik (Unie van Waterschappen), Nicol Schermer (Texel4trading bv), Wim Sinke (TNO/ NERA), Wim

Soppe (TNO/Solliance), Mark Straver (Lightsource BP), S.P Taam (de Zoncorporatie), Pieter Veltman (HyET Solar), Siebe Visser (gemeente Ermelo), Sten de Wit (SolaRoad), Ad van t' Zelfde (BAM).

Zon op Gebouw: Bart Allard (Solinso BV), Jan Bakker (ZEP B.V.), Peter Blokker (TNO), Rene Borro (Rebor BV), Jadranka Cace (RenCom), Raoul Comuth (Beausolar.b.v), Menno van den Donker (Solarge), Wiep Folkerts (TNO/TNO), Stan Gerrits (Autarco), Nynke Hermelink (RVO.nl), Tatjana Jansen (Rebor bv), Egon Janssen (TNO), Paul de Jong (Solinso BV), Josco Kester (TNO), Benno Klein Goldewijk (Viridian Solar), Wijnand van Hooff (TKI Urban Energy), Stan Klerks (TNO), Marco Kolkman (RVO.nl), Ando Kuypers (TNO/Solliance), Machteld Lamers (Technische universiteit Delft), Roel Loonen (TU/e), Tjeerd van Loosbroek (ScaleUp Heroes), Jan-Jaap van Os (Exasun), Wilfried van Sark (Universiteit Utrecht), Wim Sinke (TNO/NERA), Jannes van Slooten (ZEP BV), Peter Spelt (Van Wijnen Eibergen), Rianne Vreman (Van Wijnen), Henny Welleman (TNO), Hans Welschen (Innovative Energy Concepts), Eugène Widlak, Eric Willems (Huygen Ingenieurs&Adviseurs BV), Rubel Yilmaz (SunChip Projects), Peter van der Zijde (Zonnecomfort B.V.), Han van Zwieten (Han van Zwieten architect BNA).

Zon in Landschap: Spyros Bousios (Brite Solar Technologies), Jan Brands (Praxiz Develop Solar Technology), Wouter Bron (Geophix), Anne ten Brummelhuis (Omgevingsdienst Veluwe IJssel), Kay Cesar (TNO), Lieke Dreijerink (TNO), Joost van Eekhout (Praxiz Solar Sustainable Projects), Wilma Eerenstein (Renergize), Sonja der Eijk (ASN Bank), Hans Elzenga (PBL), Mattijs Erbeveld (Rijkswaterstaat), Bart Geerligs (TNO), Floor Govers (Design Innovation Group), Wouter Guliker (Astronergy), Inez 't Hart (RWS), Diederik Hazenberg (Vattenfall), Merel Hondebrink (Louis Bolk Instituut), Wijnand van Hooff (TKI Urban Energy), Rob Jacobs (H2ARVESTER), Bert Janson (RVO.nl), T. Keuzenkamp, van Emmerik (Provincie Zuid-Holland), Marco Kolkman (RVO.nl), Rene Kroes (a.s.r.), Rob Kursten (Engie), Nick Laan (Ten Have Seeds), Toine Morel (RWS), Dirk Oudes (Wageningen Universiteit / Academie van Bouwkunst), Jan Pieter Peijs (Staatsbosbeheer), Ruben Peuchen (TNO), Gillian Phair (Leafteasers B.V.), Marc van de Pol (KiesZon), Lianne Polinder (Design Innovation Group), Marieke Rietbergen (Design Innovation Group), Mark van Rij (Ventolines), Mariëtte van Rooij (ProRail), Martine Roza (Min EZK), Gerrit Jan Schaeffer (Energyville), Stephan Schorn (Eelerwoude), Alex Schotman (Wageningen Environmental Research), Wim Sinke (TNO/NERA) Lenneke Slooff (TNO), Jeroen Sluijsmans (Wageningen University & Research), Wouter van Strien (TNO), Eric Tonnaer (Vattenfall), Martine Uyterlinde (PBL), Chris de Visser (WUR-OT), Marcel Vroom (H2ARVESTER), Henny Welleman (TNO), Willemieke van Wijlen (Omgevingsdienst Veluwe IJssel), Richard Witte (Bureau Endemica).

PV-technologie: Bas van Aken (TNO), Paula Bronsveld (TNO), Anna Carr (TNO), Bart Geerligs (TNO), Nicolas Guillevin (TNO), Erik Haverkamp (ReRa Solutions BV), Wijnand van Hooff (TKI Urban Energy), Marlies Kamp (TNO), Marco Kolkman (RVO.nl), Michiel Koorn (TNO), Jan Kroon (TNO), Jochen Löffler (TNO), Bas van de Loo (Tempress Systems), Bart Macco (TU Eindhoven), Jimmy Melskens (TU Eindhoven), M. Shakori (Eternal Sun), Mark Steltenpool (Levitech BV), Maciej Stodolny (TNO), Roel Theeuwes (TU Eindhoven), Sjoerd Veenstra (TNO/Solliance), Arthur Weeber (TNO/TU Delft), Henny Welleman (TNO), G. Yang (TU Delft), Otto Bensen (RVO.nl).

Bij vragen over dit document of indien er behoefte is aan een toelichting dan kan contact worden opgenomen met Robin Quax, robin@tki-urbanenergy.nl.

Bijlage 1. Financiering

Verschillende regelingen dragen bij aan bereiken doelstelling MMIP

Het MMIP is geen subsidieregeling met een eigen budget. Verschillende regionale, landelijke en Europese (subsidie)regelingen leveren gezamenlijk een bijdrage aan het MMIP door innovaties in een deel van de innovatieketen een stapje verder te helpen.

Een gebalanceerde inzet van financiële middelen is nodig over de gehele innovatieketen, van funderend en toegepast onderzoek tot pilots en demo's. De rijksoverheid stimuleert innovatie met een combinatie van generiek R&D beleid, aangevuld met meer specifiek Missiegedreven Topsectoren- en Innovatiebeleid. De instrumenten vallen onder auspiciën van verschillende organisaties (het ministerie van EZK, RVO, TKI Urban Energy, TNO en NWO). Sommige instrumenten richten zich op een breder domein dan alleen de gebouwde omgeving of zelfs de energiesector.

Dit aanbod van nationale regelingen wordt aangevuld door diverse lokale, regionale en Europese regelingen, zoals Horizon EUROPE, ERA-net, INTERREG en de MIT-regeling. Het organiserend vermogen van de Topsector Energie richt zich in toenemende mate ook op deze instrumenten.

Huidige budgetten van subsidieregelingen (2022)

Onderstaande tabel toont een beschrijving van het huidige publieke budget dat wordt ingezet in nationale subsidieregelingen die gericht zijn op innoverende consortia. In 2021 betrof dit een budget van € 74,3 miljoen dat is 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):

GO 2021 (publiek) (per jaar)	NWO ¹²	TNO	Topsector Energie (RVO, TKI Urban Energy)							TOTAAL	
	Diversen	Diversen	MOOI	PPS	TSE GO	DEI+ energie- innovatie & -efficiëntie	DEI+ flex	DEI+ ruimte	DEI+ aardgas- loos		HER
TRL 1-4	18,7										18,7
TRL 4-7		13,9	9,3	4,4	0,0					1,7	29,3
TRL 7-8						7,9	7,9	0,0	10,6	0,0	26,4
	18,7	13,9	9,3	4,4	0,0	7,9	7,9	0,0	10,6	1,7	74,3

Rekening houdend met verschillende maximum subsidiepercentages en private cofinancieringseisen, is een schatting gemaakt van de jaarlijkse totale projectomvang die worden ingezet voor MMIP 2 t/m 5. De totale omvang van publieke én private middelen bedraagt ongeveer €147,7 miljoen in totaal.

¹² De inschatting van NWO-middelen is gebaseerd op de middelen die in vorige KICs beschikbaar waren en die zijn ingezet voor projecten op het domein van MMIP t/m 5. 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).

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+ aardgas-loos	HER	
TRL 1-4	18,7										18,7
TRL 4-7		18,8	12,4	6,6	0,0					3,4	41,2
TRL 7-8						26,2	26,2	0,0	35,4	0,0	87,8
	18,7	18,8	12,4	6,6	0,0	26,2	26,2	0,0	35,4	3,4	147,7

Publiek / privaat: DEI+: 30%/70%, HER: 50%/50%, PPS en TSE GO: 66%/33%, TNO: 65% /35%, NWO: 100% publiek

Er kan geconstateerd worden dat de beschikbare budgetten van verschillende subsidieregelingen structureel worden overvraagd:

- In februari 2022 opende de MOOI-regeling waarbij €39,4 mln subsidie beschikbaar werd gesteld voor de gebouwde omgeving en €21 mln subsidie beschikbaar werd gesteld voor hernieuwbare elektriciteit (op land en zee). Uiteindelijk zijn er 84 vooraanmeldingen geweest voor de MOOI regeling en hebben 35 consortia een definitieve subsidieaanvraag ingediend.
- In december 2021 sloot PPS-toeslagregeling waarbij €3,1 mln subsidie beschikbaar was voor de gebouwde omgeving en hernieuwbare elektriciteit op land. Uiteindelijk zijn er 22 subsidieaanvragen ingediend. Hiervan zijn 9 projecten gehonoreerd in 2022. Daarnaast waren er nog 10 projecten met een positieve beoordeling, welke zijn afgewezen op basis van beschikbaar budget. Grofweg had er dus 115% extra subsidie aan innovatieprojecten besteed kunnen worden aan projecten die significant hadden kunnen bijgedragen aan MMIP 2 t/m 5.
- De DEI+ regeling stelt € 74,6 mln beschikbaar voor o.a. de thema's hernieuwbare energie, flexibiliteit en lokale infrastructuur. Ook is er een apart budget van € 9 mln voor Aardgasvrij Woningen, Wijken en Gebouwen. Het betreft een *first-come-first-served*. De ervaring leert dat deze budgetten vaak voor het einde van de looptijd zijn opgesoupeerd.

Doordat de MOOI-regeling eens per twee jaar wordt opengesteld, fluctueren de beschikbare subsidiebudgetten per jaar. In 2021 was het beschikbare budget significant lager dan 2022. Ook in 2023 zal het budget weer lager zijn. Dit zet een rem op de innovatoren die nu hun product of dienst verder willen ontwikkelen.

Het Nationaal Groeifonds biedt additionele middelen voor projecten die bijdragen aan duurzame economische groei voor de lange termijn. Zo kreeg het consortium Werklandschappen van de Toekomst, gericht op de transformatie van industrieterreinen naar werklandschappen van de toekomst, een impuls van € 49 mln. Het consortium NieuweWarmteNu!, gericht op de versnelde de aanleg van duurzame collectieve warmtesystemen, ontving een voorwaardelijke toekenning van € 200 mln uit het groeifonds. Bovendien is € 100 mln euro gereserveerd voor een voorstel van TKI Bouw en Techniek gericht op de transitie gericht op een emissievrije, circulaire en klimaatbestendige gebouwen en infrastructuur. Momenteel loopt een aantal verkennende gesprekken rondom mogelijke voorstellen op het gebied van de zon-PV maakindustrie, Zon-op-Zee en Energiehubs.

Vanuit de Topsector Energie is in 2022 ook € 1 mln beschikbaar gesteld voor het organiseren van een *Living Lab voor Elektrisch Laden van Heavy-Duty Voertuigen*. Dit is een cross-over tussen missie B (elektrificatie gebouwde omgeving) en missie D (verduurzaming mobiliteit).

Vanuit de Topsector Energie is jaarlijks een 'eigen' onderzoeksbudget beschikbaar voor korte studies of onderzoeken die snel en gericht ondersteuning bieden aan de marktpartijen die actief zijn in het innovatie-ecosysteem. Per jaar worden er ongeveer 10-15 studies uitgevoerd vanuit MMIP 2 t/m 5. Het budget hiervoor bedroeg € 625.000 in 2022.

Benodigde publieke budgetten voor bereiken missie (2023-2027)

De volgende suggesties zijn geformuleerd voor beschikbaar stellen van publieke budgetten binnen bestaande en nieuwe regelingen:

- Ten opzichte van eerdere jaren wordt gepleit voor een verruiming van publieke middelen op TRL 4-7. Het feit dat het budget van deze regeling telkens overvraagd is, laat zien dat de markt bereid is om meer te investeren in innovatie dan nu wordt gefaciliteerd. Er wordt gepleit om de MOOI-regeling jaarlijks (i.p.v. tweejaarlijks) open te stellen voor innovatieve consortia, om te voorkomen dat er te lange pauzes ontstaan qua beschikbaarheid van middelen. TKI Urban Energy pleit voor een jaarlijks budget van 30 mln euro voor de gebouwde omgeving Missie B en 10mln euro per jaar voor Hernieuwbare opwek op land.
- Om tegemoet te komen aan de behoefte van innovatief mkb en ruimte te bieden aan gerichte kleinschalige innovatieprojecten, dient de TSE Gebouwde Omgeving weer in het leven geroepen te worden. TKI Urban Energy pleit voor een jaarlijks budget van 8 mln euro voor de gebouwde omgeving. Alternatief zou ook het budget van de PPS-toeslag van TKI Urban Energy opgehoogd kunnen worden.
- De HER+ vervult een belangrijke rol voor het aanjagen van innovatie omtrent hernieuwbare energie. Voorzetting van de HER+ na 2023 is niet voorzien. Er is behoefte aan een opvolgende regeling om de pijplijn van innovaties ook richting 2050 gevuld te houden. Een budget van 25-50 M€ per jaar is hiervoor noodzakelijk
- Er wordt gepleit om meer onderzoeksactiviteiten op de vroege TRL's (1-4) uit te voeren en de publieke middelen daarvoor vanaf 2022 te verdubbelen. De instrumenten die zich richten op onderzoeksactiviteiten in deze vroege ontwikkelfase zijn echter veelal niet specifiek gericht op de het vlak van de gebouwde omgeving. Deze groei in fundamentele onderzoeksactiviteiten dient derhalve gerealiseerd te worden door met organiserend vermogen de relevante wetenschappers en bedrijven te mobiliseren om samen meer succesvolle projecten te ontwikkelen. Waar mogelijk en gewenst zal er in afstemming met NWO en vakdepartementen gestreefd worden naar de opzet van één of meerdere calls die aansluiten bij de MMIP's.

De resterende periode om de tussendoelen van 2030 te behalen wordt steeds korter. Het instellen van opschalingsprogramma's kan de sector ondersteunen om innovaties versneld naar de markt te krijgen. Er zijn reeds enkele programma's gestart gericht op een aantal specifieke doelgroepen. Voor de verschillende opschalings- en versnellingsprogramma stelde BZK reeds budgetten beschikbaar. Voor 2023-2024 is reeds een jaarlijks budget van 8 ton per jaar gealloceerd. Voor de Verbouwstromen 2023-2027 heeft dat programma een jaarlijks budget van 12,6 mln voor 4 jaar euro. Het Programma Verduurzaming Bedrijventerreinen met een budget

van 5 mln euro voor 2023-2024 met optie voor verlenging. Er worden ook kansen gezien voor aanvullende programma's op het vlak van maatschappelijk vastgoed, utiliteitsbouw en energiegemeenschappen. Voor die thema's is nog geen budget gealloceerd, met uitzondering van een nader op te richten versnellingsprogramma voor het verduurzamen van scholen.

Tot slot pleit TKI Urban Energy voor een gerichte publieke inzet van middelen voor sectorondersteunende activiteiten om deze versnelling en opschaling te realiseren. Denk aan middelen die gericht worden ingezet op normalisatie, de ontwikkeling van digitale platforms, living labs en kennisdisseminatie.

Hieronder is weergegeven wat de reeds gemaakte budgetafspraken en bovenstaande voorgestelde opzet/wijzigingen betekenen voor de budgetten per jaar (publiek en totaal). De onderstaande tabel toont de benodigde publieke budgetten – een totaal van € 185 mln. – bij deze situatie:

GO 23-26 (publiek) (per jaar)	NWO	TNO	Topsector Energie (RVO, TKI Urban Energy)							TOTAAL	
	Diversen	Diversen	MOOI	PPS	TSE GO	DEI+ algemeen	DEI+ flex	DEI+ ruimte	DEI+ aardgasvr.		HER+
TRL 1-4	37,3										37,3
TRL 4-7		13,9	40,0	4,5	10,0					18,8	87,2
TRL 7-9						17,5	17,9	10,0	9,0	6,3	60,6
	37,3	13,9	40,0	4,5	10,0	17,5	17,9	10,0	9,0	25,0	185,1

Verdubbeling middelen NWO; TNO, DEI+ en HER gelijk aan 2019; PPS-toeslag groeit naar rato mee; Visie budget MOOI per MMIP: Jaarlijkse opening van €30mln en €10mln voor SIGOHE

Wanneer de private cofinanciering wordt meegenomen leidt dit tot het volgende innovatiebudget van ongeveer €392 mln. euro totaal.

GO 23-26 (totaal) (per jaar)	NWO	TNO	Topsector Energie (RVO, TKI Urban Energy)							TOTAAL	
	Diversen	Diversen	MOOI	PPS	TSE GO	DEI+ algemeen	DEI+ flex	DEI+ ruimte	DEI+ aardgasvr.		HER
TRL 1-4	37,3										37,3
TRL 4-7		21,4	80,0	6,8	15,0					37,5	160,6
TRL 7-9						58,3	59,5	33,3	30,0	12,5	193,7
	37,3	21,4	80,0	6,8	15,0	58,3	59,5	33,3	30,0	50,0	391,7

Publiek / privaat: DEI+: 30%/70%, HER en IRGO: 50%/50%, PPS en UE tender: 66%/33%, TNO: 65% /35%, NWO: 100% publiek

Wordt dit onderverdeeld naar de 4 MMIP's en 'vrije ruimte' dan zijn de volgende publieke budgetten nodig:

MMIP '23-'26 (publiek) (per jaar)	MMIP2	MMIP3	MMIP4	MMIP5	VRIJ	TOTAAL
TRL 1-4	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	37,3
TRL 4-7	22,6	13,9	20,1	20,1	10,4	87,2
TRL 7-9	15,9	10,4	10,4	23,8		60,6
	46,0	31,8	38,0	51,4	17,9	185,1

Vrije middelen zijn afkomstig vanuit NWO-instrumenten (die breder gericht zijn dan de MMIP's), MOOI en TSE GO.

Dat correspondeert met de volgende totale publieke en private innovatiebudgetten:

MMIP 23-26 (totaal) (per jaar)	MMIP2	MMIP3	MMIP4	MMIP5	VRIJ	TOTAAL
TRL 1-4	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	37,3
TRL 4-7	34,9	34,9	34,9	34,9	15,0	154,7
TRL 7-9	51,0	32,7	32,7	77,2		193,7
	93,4	75,1	75,1	119,6	22,5	385,7

De verdeling tussen publieke en private bijdragen in deze MMIP's bedraagt grofweg 50:50, een verhouding die significant hoger ligt dan in andere (top)sectoren. Daarmee realiseren MMIP 2-5 een significante private bijdrage bij de uitvoering van het innovatieprogramma.

Bijlage 2 Randvoorwaarden beleid

Valorisatie en marktcreatie

Vanwege het missiegedreven karakter van dit MMIP is het van belang om ook aandacht te besteden aan valorisatie (aanbods timulering) 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.

Innovaties op het gebied van markt en beleid zijn essentieel om excellente technische bouwstenen snel en op grote schaal te kunnen toepassen, en om lage kosten te kunnen combineren met hoge maatschappelijke waarde.

Binnen de verschillende instrumenten wordt gezocht naar consortia die expliciet aandacht hebben voor ontwikkelingen in de markt en (mogelijke) veranderingen van wettelijke kaders. Ook worden projecten aangemoedigd onder de regeling 'experimenten elektriciteitswet', waardoor ook buiten de bestaande kaders geïnnoveerd kan worden. Van grotere consortia en voorstellen, met name bij de MOOI-regeling, wordt verwacht dat zij een transitiepad schetsen voor verdere uitrol, met aandacht voor markt en wettelijke kaders. Projectvoorstellen moeten inzichtelijk en aannemelijk maken hoe hun oplossingen bijdragen aan het bereiken van de MMIP-missies.

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 het ministerie van EZK om oplossingen te vinden om deze belemmeringen en knelpunten weg te nemen.

Voor het stimuleren van de markt voor gebouwen met een goede energieprestatie, is het van belang om de regelgeving doorlopend maar voorspelbaar en consistent aan te scherpen en te handhaven. Denk daarbij aan een jaarlijkse aanscherping van het BENG-beleid voor nieuwbouw en de regelgeving voor energieprestatie verbeterende renovaties. Dit zal voor verdere innovatie en kostprijzdaling van bijvoorbeeld BIPV-systemen en PV-thermische (PVT)-systemen zorgen. Verdieping van het onderzoek naar de effectiviteit van deze regelgeving is noodzakelijk om de vereiste snelheid en het

volume te kunnen realiseren. Bij commercieel vastgoed met een grootverbruikersaansluiting, speelt het probleem dat het huidige bouwbesluit/ EPC/ BENG te weinig prikkels geeft aan gebouweigenaren en bouwpartijen om optimaal gebruik te maken van het enorme potentieel voor zonnestroomsystemen. Het is van groot belang om met alle stakeholders goede afspraken te maken hoe deze toepassing optimaal gestimuleerd kan worden. Ook is het belangrijk dat er meer informatie beschikbaar komt over de toepassing van duurzame opweksystemen voor investeerders en gebruikers.

Langjarige contracten tussen specifieke opwekkers of leveranciers en afnemers van elektriciteit zijn een bewezen effectief instrument voor de stimulering van hernieuwbare opwekking van elektriciteit, in ieder geval in de initiële fase van de transitie. Power Purchase Agreements (PPA's) geven zekerheid aan investeerders en hebben mede geleid tot de wereldwijde sterke daling van opwekkosten van elektriciteit uit zon en wind de afgelopen jaren. De vraag is nog welke kwantitatieve bijdrage PPA's kunnen leveren aan de volumedoelstellingen van hernieuwbare opwekking op land en in de gebouwde omgeving in Nederland, en tot welke bijdrage van zon en wind ze effectief zouden kunnen worden ingezet. Een andere vraag is welke sectorkoppelingen of koppelingen met individuele bedrijven hiermee kunnen worden gemaakt.

De salderingsregeling en de SDE+ hebben onmiskenbaar hun waarde en effectiviteit bewezen in het versnellen van de implementatie van opwekinstallaties voor elektriciteit uit duurzame bronnen. De SDE+(+) is gericht op het stimuleren van oplossingen met de laagste kosten. In de toekomst zal het belang van ruimtelijke en ecologische integratie moeten worden toegevoegd aan het totaalpakket van marktstimulerings- en innovatie-instrumenten en randvoorwaarden. Hoe dit het beste kan gebeuren moet nader worden onderzocht. Een mogelijkheid is om locatie specifieke ruimtelijke en ecologische situaties en benodigde innovaties te vertalen naar generieke verplichtingen en normen. Een andere oplossing is om aparte innovatiegelden te koppelen aan een reguliere SDE+(+)-beschikking, wanneer het desbetreffende project voldoet aan de criteria (die daarvoor in een aparte regeling moeten worden opgesteld). Zo'n constructie zou wellicht ook kunnen werken voor nieuwe toepassingen, zoals bijvoorbeeld zon op en in infrastructuur. Zulke toepassingen zullen aanvankelijk een aanzienlijk hogere kostprijs hebben maar zijn wel gewenst het grote potentieel en het maatschappelijk enthousiasme.

Speciale aandacht is nodig voor de 'post-SDE++' en de 'post-salderingsperiode' van de energietransitie. Hoewel die periode weliswaar als 'subsidievrij' kan worden gekenschetst, hoeft hij niet 'incentive-vrij' of 'beleidsonafhankelijk' te zijn. Op land en op zee kan er potentieel veel meer dan 100% van de vraag naar elektriciteit worden opgewekt. Bij zulke toenemende penetratiegraden van wind en zon zijn alleen lage opwekkosten onvoldoende voor de benodigde aanhoudende marktgroei. De vraag is op welke wijze de geproduceerde elektriciteit voldoende waarde kan krijgen om een aantrekkelijke business case te geven en daarmee private investeringen uit te lokken. Over het daarvoor benodigde marktmodel met bijbehorende regelgevingsaspecten én technologie is veel discussie, maar er is nog geen consensus. Dit is een belangrijk onderwerp voor multidisciplinair onderzoek, samen met MMIP 1, MMIP 5 en MMIP 13.

Wettelijke kaders

Grootschalige decentrale hernieuwbare opwekking van elektriciteit brengt niet alleen grote fysieke en ruimtelijke veranderingen met zich mee, maar heeft ook ingrijpende consequenties voor de rolverdeling van partijen die met energie te maken hebben of in die sector actief zijn: overheden en overheids-gerelateerde organisaties, projectontwikkelaars, burgers, energie- en netwerkbedrijven, landbouworganisaties en agrariërs, natuurorganisaties en meer. De transitie zorgt voor verschuivingen van verantwoordelijkheden en mandaten en biedt nieuwe economische kansen. Dat vraagt omgekeerd ook om aanpassingen van de juridische en regelgevingskaders. De innovatievraag die beantwoord moet worden is, kort gezegd, welke rolverdeling en kaders nodig zijn om de energietransitie optimaal te laten verlopen, wat betreft kosten, snelheid, draagvlak, impact, etc.

Elke gemeente, provincie, waterschap, etc. werkt op dit moment binnen regio's samen met diverse belangenorganisaties aan een Regionale Energie Strategie (RES). De RES is een instrument om gezamenlijk te komen tot keuzes voor de verduurzaming van het energiesysteem in een bepaalde regio en, daaraan gekoppeld, tot een beter beleid en vergunningsprocedures. Om binnen de afzonderlijke RES'en goede keuzes te kunnen maken, is goede, onafhankelijk geverifieerde kennis nodig over de verschillende technische mogelijkheden per type areaal, zoals gebouwen, land, infra en water. Het is daarom belangrijk om gedegen onderzoek te doen naar de verschillende waardecomponenten van deze opties. Denk aan financiële en niet-financiële waarden zoals esthetiek, maatschappelijke acceptatie, effecten op ecologie en biodiversiteit en de te verwachten kosten. Dit type breed opgezette maatschappelijke kosten-batenanalyses (MKBA) kan een doorlopende input zijn voor de ontwikkeling of jaarlijkse bijstelling van de RES'en. Bij het opstellen van RES'en is gedetailleerde, regio- en locatie specifieke informatie over bijvoorbeeld instraling, windregime, temperatuur en albedo belangrijk om de juiste keuzes te kunnen maken.

De besluitvorming voor het afgeven van vergunningen vindt plaats op gemeentelijk en provinciaal niveau. Daar is behoefte aan handvatten en richtlijnen om voor specifieke locaties tot een optimale afweging en vergunningsverlening te komen. Soms zijn er tegenstrijdige kwaliteiten en belangen zoals duurzame elektriciteitsopwekking, meervoudig landgebruik, esthetische beleving, natuurwaarde en biodiversiteit. Onderzoeksvragen waarop een antwoord wordt gezocht zijn: hoe kunnen zonneparken een integraal onderdeel van het landschap worden? Welke afwegingen moeten er nu worden gemaakt om toekomstige duurzame energielandschappen en aanpassingen van nieuwe en bestaande zonnestroomparken te stimuleren? Hoe kunnen uiteenlopende en mogelijk tegenstrijdige criteria daadwerkelijk worden afgewogen? Op deze en gerelateerde onderzoeksvragen wordt in dit MMIP een antwoord gegeven. Rondom de vergunningverlening speelt een duidelijk afwegingskader een belangrijke rol. Dit kader zal toepasbaar moeten zijn op specifieke locaties, moet gevuld zijn met recente en objectieve kennis en moet begrijpelijk zijn voor niet-technische gebruikers.

Standaardisatie, normering, en certificering

Standaardisatie draagt bij aan de impact van innovaties in dit MMIP. 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 via in alle verschillende fasen is een randvoorwaarde voor projecten binnen dit MMIP.



Bijlage 3 Stand van zaken projecten 2021

Innovaties en breed toepasbare technologische enablers

Uit de projecten portfolioanalyse van TKI Urban Energy 2021, die alle projecten uit het topsector energie instrumentarium omvat (DEI+, HER+, MOOI, TSE-GO, PPS-toeslag) volgt dat er in de afgelopen twee jaar 23 innovatieprojecten beschikt zijn met een totaal subsidiebedrag van bijna 11 miljoen euro voor de ontwikkeling van zonnestroomtechnologieën. In 2019 en 2020 is de meeste publieke financiering naar dit deelprogramma gegaan. Hierbij moet opgemerkt worden dat het aantal projecten dat in 2020 gestart is een stuk lager is dan in 2019 door het wegvallen van de TSE regeling voor dit thema.

Uit analyse blijkt dat een aantal thema's beter vertegenwoordigd zijn. Er zijn veel projecten die als doel hebben om het omzettingsrendement van zonnecellen te verhogen door gebruik van nieuwe materialen en processen en het maken van nieuwe devices. Een voorbeeld hiervan is het doorontwikkelen van perovskiet, o.a. toegepast in een tandemcel. Daarnaast zijn er verscheidene projecten met expliciet het doel om de CAPEX en de zogenoemde 'levelized cost of energy (LCOE) te verlagen van zonnestroomsystemen. Echter, er zijn ook een aantal thema's relatief onderbelicht gebleven. Zo zijn er nauwelijks projecten op het thema productiesystemen en (slechts) drie projecten die expliciet als doel hebben om functie-integratie te verbeteren. Een kanttekening hierbij is dat een aantal projecten onder MMIP3 zijn ingedeeld, waarbij het BIPV-element onderdeel is van een volledig renovatie arrangement.

Op het thema windenergie technologieën is afgelopen 2 jaar slecht één project gestart. Dat betekent niet dat er geen innovatie op het gebied van windenergie technologieën plaatsvindt want veel innovaties vinden plaats in het 'wind op zee' domein en zijn ook voor 'wind op land' bruikbaar. Maar knelpunten die typerend zijn voor wind op land, zoals maatschappelijk draagvlak, blijven hiermee ongeadresseerd. Het aanjagen van een innovatie-ecosysteem voor 'wind op land' is noodzakelijk om de gewenste voortgang te boeken

Zonnestroom in de gebouwde omgeving

Uit de projecten portfolioanalyse van TKI Urban Energy 2021, die alle projecten uit het topsector energie instrumentarium omvat (DEI+, HER+, MOOI, TSE-GO, PPS-toeslag) volgt dat er in de afgelopen twee 11 projecten beschikt die betrekking hebben op zonnestroomsystemen in de gebouwde omgeving met een subsidiebedrag van ongeveer 8 miljoen euro. Er is veel aandacht voor ontwikkeling van esthetische en geïntegreerde panelen. Innovaties voor de grotere systemen op bedrijfsgebouwen, zoals lichtgewicht systemen of kostenbesparingen op de installatie komen nog weinig terug, al is er recent een MOOI project op dit thema gestart. Met de invoering van SCOPE12 heeft de sector een belangrijke stap gezet in het waarborgen van de kwaliteit van installaties.

Zonnestroom in het buitengebied

Uit de projecten portfolioanalyse van TKI Urban Energy 2021, die alle projecten uit het topsector energie instrumentarium omvat (DEI+, HER+, MOOI, TSE-GO, PPS-toeslag) volgt dat er in de afgelopen twee jaar 9 projecten zijn gestart gerelateerd aan

zonnestroomsystemen in het buitengebied met een subsidiebedrag van ongeveer 7 miljoen euro. Een groot deel van dit bedrag gaat naar projecten waarbij de ruimtelijke en ecologische inpassing centraal staat. Dit komt tevens door de focus van de MOOI regeling in 2020. Daarnaast zijn er verscheidene projecten met het doel om de technische haalbaarheid te verhogen en de CAPEX, OPEX en/of de zogenoemde 'levelized cost of energy (LCOE) te verlagen van zonnepanelen. 3 van de projecten gaat over zon op water, 5 over zon in landschap en slechts één project richt zich op zon in de infrastructuur. Daarnaast wordt geconstateerd dat circulariteit en energetische inpassing nagenoeg geen rol spelen in de beschikte projecten.

Windparken in het buitengebied

De afgelopen twee jaar zijn er nauwelijks innovatieprojecten gestart op dit thema binnen nationale innovatieregelingen. Dat betekent niet dat er helemaal geen innovatie plaatsvindt, omdat veel innovaties vanuit het wind op zee domein ook voor wind op land bruikbaar zijn. Maar knelpunten die typerend zijn voor wind op land, zoals maatschappelijk enthousiasme, blijven hiermee ongeadresseerd. Het aanjagen van een innovatie ecosysteem voor wind op land is noodzakelijk om de gewenste voortgang te boeken.

Overige opties hernieuwbare electriciteitsopwekking

De afgelopen twee jaar zijn er nauwelijks innovatie projecten gestart binnen dit deelprogramma in nationale innovatieregelingen. Er zijn enerzijds weinig partijen actief en anderzijds is ervoor gekozen dit thema uit te sluiten bij de MOOI-regeling 2020, de grootste onderzoek en ontwikkel regeling voor hernieuwbare opwek, om focus en massa te creëren.

Uit de projecten portfolioanalyse van TKI Urban Energy 2021, die alle projecten uit het topsector energie instrumentarium omvat (DEI+, HER+, MOOI, TSE-GO, PPS-toeslag) volgt dat er in de afgelopen twee jaar drie projecten zijn gestart waarin een doorsnijdende thema centraal staat. Hiermee is een totaal subsidiebedrag gemoeid van 1.038.195 uit de PPS toeslag en de TSE regeling. Dit gaat om nieuwe datagedreven weersvoorspellingen waarmee het zon- en windopbrengst inzichtelijk gemaakt kan worden en de ontwikkeling van circulaire zonnepanelen. Het thema systeemintegratie in de gebouwde omgeving, waar opwek deel van uit maakt, komt ook in MMIP 5 aan bod. Op dat thema zijn het afgelopen jaar een aantal grote projecten vanuit de MOOI-regeling gestart, met een subsidiebedrag van ca 30 miljoen. Daarnaast is er in 2021 de MOOI-SIGOHE regeling opengesteld met een budget van 13 miljoen euro. Deze regeling richt zich specifiek op inpassing van grootschalige hernieuwbare opwek.

TKI Urban Energy

Arthur van Schendelstraat 550D
3511 MH Utrecht

T +31 30 747 00 27

E info@tki-urbanenergy.nl

T www.tki-urbanenergy.nl

