

# Smart durable high performance PV modules (Smart HiPerPV)



## Eindrapportage

### **Project details**

Projectnumber: TEZG115037  
Project titel: Smart durable high performance PV modules – Smart HiPerPV  
Penvoerder: Solned  
Partners: Linesolar  
AERspire  
Sensus Energy  
ECN / TNO  
Hogeschool Zuyd  
Kiwa Nederland  
Exasun  
Project periode: 1 juni 2015 - 30 september 2018

### **Contactinformatie**

Deze rapportage is opgesteld door Chematronics. Chematronics is projectbeleider van het Smart HiPerPV project. Voor vragen inzake het project, de resultaten en vervolgmogelijkheden kunt u contact opnemen met:

Chematronics	Solned
Alex Vermeer	Marianne vd Ven
+31 6 143 43 108	+31 40 22 82 172
a.vermeer@chematronics.nl	m.vanderven@solned.nl

### **Subsidie**

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken,, Nationale EZ subsidies, Topsector Energie – Hernieuwbare energie, uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland..

### **Bijlagen**

Niet van toepassing in openbaar rapport.

## Samenvatting

De PV-markt ontwikkelt zich steeds sneller. Verschillende ontwikkelingen hebben geleid tot een aantrekkelijke businesscase voor PV, maar de intrinsieke kosten van elektriciteit zijn nog steeds te hoog. De huidige uitdagingen omvatten duurzaamheid, prestaties op lange termijn en een hogere conversiequote van kWh / Wp.

Het doel van Smart HiPerPV was om duurzame, hoogwaardige PV-modules en junction boxes te ontwikkelen op basis van glas-glastechnologie. De projectmedewerkers dragen bij aan de doelstellingen van de TKI door geavanceerde moduleconcepten te realiseren die leiden tot lagere kosten per Wp op modulenniveau in combinatie met een lange levensduur.

In WP1 (ontwerp HiPer-laminaten en componenten) hebben LineSolar (Exasun) en ECN een slim BCG-moduleontwerp gemaakt op basis van MWT-cellen. Sensus Energy en ECN / TNO hebben de ontwikkeling of INTELECT-technologie geïnitieerd om met schaduwgevoelige situaties om te gaan. In WP2 (ontwikkeling j-box en systeemintelligentie) heeft Solned junction boxes voor verschillende moduleconfiguraties ontwikkeld. Solned en AERspire hebben meer intelligentie geïntegreerd in de junction box. In WP3 (prototyping en regulering) hebben activiteiten met betrekking tot prototype productie van de BCG-modules (LineSolar) en junction box (Solned) plaatsgevonden. AERspire heeft input gekregen vanuit het perspectief van een BIPV-systeem en KIWA heeft de ontwerpen beoordeeld op certificering en regelgeving. De meest veelbelovende technologieën zijn getest en gemonitord in WP4 (piloottesten en monitoring) door ECN, KIWA en Hogeschool Zuyd.

Smart HiPerPV is erin geslaagd de meeste projectdoelstellingen te realiseren. Hoewel er tijdens de duur van het project wat haperingen plaatsvonden die tot verschillende inzichten en bruikbare resultaten leidden, kijken de partners terug op een succesvolle samenwerking. Het project heeft bijgedragen aan het versterken van de kennispositie van zowel kennisinstellingen als betrokken bedrijven. De kansen die deze producten bieden in de verdere verduurzaming van de Nederlandse en internationale gebouwde omgeving mogen niet worden onderschat. Vooral de nieuw ontwikkelde junction box van Solned.

## Final report

Deze rapportage betreft de eindrapportage van het subsidieproject Smart durable high performance PV modules (hierna te noemen Smart HiPerPV) zoals uitgevoerd in het kader van subsidie van het Ministerie van EZ, Topsector Energie – Hernieuwbare Energie. In onderstaande rapportage wordt ingegaan op de inhoudelijke doelstellingen en eindresultaten. Daarnaast wordt een aantal projectwijzigingen omschreven. Gezien de grote hoeveelheid aan behaalde resultaten, zijn enkele bijlagen toegevoegd die, evenals de verdere inhoud van deze rapportage, als **strikt vertrouwelijk** behandeld dienen te worden.

### Inleiding

De afgelopen jaren hebben verschillende ontwikkelingen geleid tot een aantrekkelijke businesscase voor PV in veel marktsegmenten. De kosten van PV-cellen en -modules zijn drastisch gedaald, de toegevoegde waarde van PV-systemen is verbeterd en functionele en esthetische integratie worden mogelijk tegen aantrekkelijke prijsniveaus. Vandaar dat veel economische en technologische barrières van PV-toepassingen op grote schaal zijn overwonnen. Op de West-Europese markt zijn vrijwel alle PV-systemen op het net aangesloten. Terugbetalingsmodellen zijn gebaseerd op levering van elektriciteit aan het net en het gebruik van feed-in-tarieven of nettosemeting ("salderen") om de energierekening te verlagen. Tot nu toe waren businesscases gebaseerd op "(bijna) gratis" gebruik van de bestaande infrastructuur. Grootschalige PV-toepassingen zullen echter de infrastructuurkosten doen stijgen (bijvoorbeeld vanwege rooster destabilisatie), en daarom zullen netwerkexploitanten of energiebedrijven beperkingen opleggen aan de introductie van nieuwe PV-systemen in het netwerk, of op zijn minst de extra kosten voor de PV-eigenaar, waardoor de PV-businesscase minder aantrekkelijk is.

De intrinsieke kosten van elektriciteit gegenereerd door PV-systemen zijn nog steeds te hoog. Hoewel het duidelijk is dat PV een hoog potentieel heeft, liggen de genivelleerde elektriciteitskosten van sommige traditionele energiebronnen nog steeds aanzienlijk lager (zie bovenstaande figuur). Daarom moeten de kosten van PV-opgewekte elektriciteit per effectief verbruikbare kWh verder dalen. Dit vraagt om een nieuwe generatie duurzame hoogwaardige PV-technologieën.

### Doelstelling

Het doel van dit innovatieproject was het onderzoeken, ontwikkelen en demonstreren van slimme duurzame hoogwaardige PV-modules met de volgende kenmerken:

- Duurzaamheid en hoge prestaties;
- slimme modules;
- De ontwikkelde PV-modules voldoen aan de huidige en toekomstige regelgeving en certificering;
- Pilot-toepassing en monitoring van de ontwikkelde technieken als een demonstratie van de mogelijkheden van de nieuwste Europese hoogwaardige en duurzame PV-technologieën;

De bovengenoemde ontwikkelingen moeten leiden tot een aanzienlijke verbetering van de kosten per Wp en kWh geproduceerd door PV-systemen. De slimme duurzame hoogwaardige PV-modules zijn geschikt voor toepassing in de op het net aangesloten infrastructuur, rekening houdend met interactie / communicatie met het netwerk en gebruikerstoepassingen

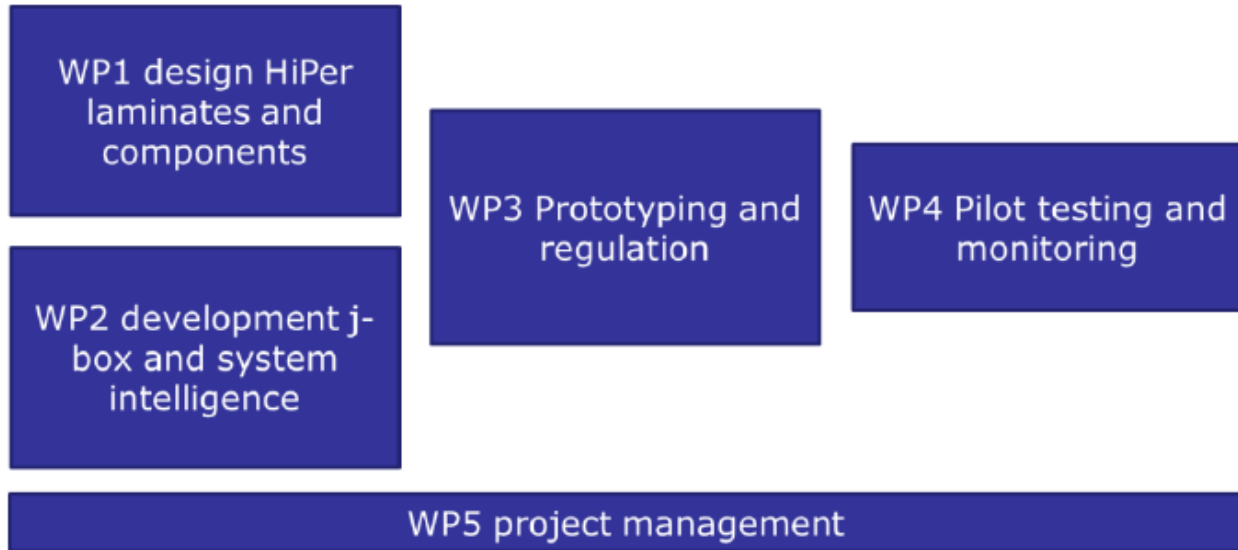
### Werkwijze

Het doel van dit innovatieproject was het onderzoeken, ontwikkelen en demonstreren van slimme duurzame hoogwaardige PV-modules met de volgende kenmerken:

- Duurzaamheid en hoge prestaties: zwarte BCG-modules met een levensduur van minimaal 30 jaar en een prestatievermindering van minder dan 10% van de initiële prestaties gedurende deze 30 jaar. Dit wordt gecombineerd met een lange levensduur junction box die ook een levensduur van 30 jaar heeft en prestatiekenmerken die vergelijkbaar zijn met de hoogwaardige modules. Prestatie- en duurzaamheidstesten worden uitgevoerd binnen het project. Het gebruik van (frameloze) zwarte glas-glasmodules wordt gezien als een randvoorwaarde voor toepassing in esthetisch aantrekkelijke PV-systemen in de gebouwde omgeving. Dun glas wordt gebruikt (2 mm - 2,8 mm) om de mogelijkheid van systeemintegratie te waarborgen, lichtgewicht toepassing in b.v. gebouwde omgeving. EVA wordt vervangen door duurzame encapsulanten. De BCG-modules hebben een efficiëntie van 19,5-21,5% (> 300 Wp voor een 60-cellen MWT-module, tot 315 Wp voor een 60-cellen IBC-module aan het einde van het project), waardoor een PV-module ontstaat die gepositioneerd is in de wereldwijde top drie van commercieel verkrijgbare PV-modules in termen van efficiëntie. De BCG-moduleprijs zal aan het einde van het project € 0,80 / Wp bedragen tot een maximum van € 0,70 / Wp wanneer deze in groot volume wordt geproduceerd (voor glas-glasmodules).
- Slimme modules: intelligentie zou moeten worden toegevoegd om de prestaties te verbeteren onder schaduwgevoelige omstandigheden. De INTELLECT-technologie moet op PCB-niveau worden geïntegreerd in back-contactmodules en de BCG-module is zo ontworpen dat deze intrinsiek de prestaties verbetert met betrekking tot schaduwgevoeligheid en degradatie als gevolg van microscheuren gedurende de levensduur van het product. De verschillende technieken worden getest in termen van schaduwprestaties. Daarnaast moet onderzoek worden gedaan naar functies voor MPP-tracking, prognoses en monitoring en controle om toekomstige prestaties in slimme netwerken te optimaliseren. De slimme junction box moet de mogelijkheid hebben om intelligentie te integreren in termen van bewaking en besturing, opslag en communicatie binnen slimme PV-systemen / smart grids.
- De ontwikkelde PV-modules voldoen aan de huidige en toekomstige regelgeving en certificering en vormen daarmee een startpunt voor verdere grootschalige integratie van slimme, hoogwaardige PV-modules in netgekoppelde systemen. Pre-certificering tests worden uitgevoerd op de belangrijkste aspecten.
- Pilottoepassing en monitoring van de ontwikkelde technieken zijn getoond met de mogelijkheden van de nieuwste Europese hoogwaardige en duurzame PV-technologieën. De resultaten zijn geïntegreerd in het AER BIPV-systeem. De integratie van duurzame, hoogwaardige zwarte glas-glas PV-modules en een intelligente, duurzame junction box heeft geleid tot een op het elektriciteitsnet aangesloten pilot-applicatie in de Wijk van Morgen. De prestaties van het systeem zijn gemonitord van maart 2018 tot 30 september 2018. De metingen zullen echter nog steeds worden geregistreerd na afloop van het project.

De bovengenoemde ontwikkelingen moeten leiden tot een aanzienlijke verbetering van de kosten per Wp en kWh geproduceerd door PV-systemen. De slimme duurzame hoogwaardige PV-modules moeten ook geschikt zijn voor toepassing in de op het net aangesloten infrastructuur, rekening houdend met interactie / communicatie met het netwerk en gebruikerstoepassingen.

Om deze resultaten te bereiken, volgt het project de werkpakketstructuur die hieronder wordt weergegeven.



WP 1: Design high performance laminates and components		
Category: Industrial Research		
Task 1.1	BCG module design	Linesolar, AERspire
Task 1.2	Testing durability and performance of BCG module samples	ECN, Linesolar
Task 1.3	INTELECT integrated glass-glass design and full-scale modules	Sensus Energy, ECN
Task 1.4	Prototyping integrated INTELECT minimodules	ECN, Sensus Energy
Task 1.5	Full-size MWT module INTELECT integration	Sensus Energy, ECN
Task 1.6	Integrated backsheet design	Solned, ECN

WP2: Junction box development and system intelligence		
Category: Industrial Research		
Task 2.1	Junction box base plate development	Solned, Aerspire, Linesolar
Task 2.2	INTELECT integration	Sensus Energy, ECN, Solned
Task 2.3	System intelligence	Solned, Aerspire, Zuyd

WP3: Prototyping and regulation		
Category: Industrial Research		
Task 3.1	BCG prototyping	Linesolar, ECN, Solned, AERspire
Task 3.2	Junction box production	Solned
Task 3.3	Prototype production for pilot tests	Solned, AERspire, Linesolar, ECN
Task 3.4	Regulation and certification	Kiwa, Solned, AERspire, Linesolar, ECN

WP4: Pilot testing and monitoring		
Category: Industrial Research / Experimental Development		
Task 4.1	Performance tests	ECN, Solned, AERspire, Linesolar, Sensus Energy
Task 4.2	Pre-certification / system and component safety	Kiwa, Solned, AERspire, Linesolar
Task 4.3	BIPV pilot integration, dissemination, and monitoring	Zuyd, AERspire, Solned, Linesolar

WP5: Project management		
Category: Industrial Research		
Task 5.1	Project organization and work group management	Solned
Task 5.2	Progress reports	Solned

## Resultaten

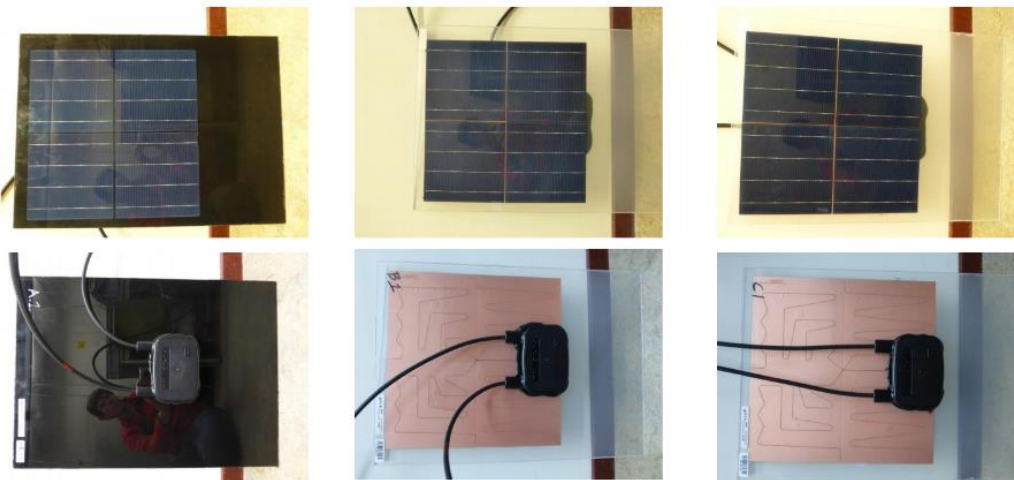
In het project is een groot aantal resultaten bereikt. Onderstaand worden enkele belangrijke resultaten toegelicht. Daarbij wordt tevens gebruikgemaakt van verwijzingen naar beschikbare verslagen en testrapporten. Deze zijn integraal onderdeel van deze inhoudelijke eindrapportage en dienen dan ook als **vertrouwelijk** te worden behandeld.

De resultaten van Sensus Energy zijn niet beschreven in dit hoofdstuk gezien deze activiteiten en resultaten in project INTELECT worden uitgevoerd.

### WP1 – Design HiPer laminates and components

**Taak 1.1** - Back-contactmodules zijn niet in de handel verkrijgbaar als glas-glasmodules. LineSolar heeft een back-contact glas-glas (BCG) -module op basis van MWT-cellen ontworpen, de stuklijst is beschikbaar. In deze taak is een MWT-ontwerp herzien. Dit zou leiden tot een moduleprestatie van 300Wp, 19,5% in 2016 tegen minimale kosten, en tot 21% in het laatste jaar van het project. AERSpire heeft input geleverd aan LineSolar met betrekking tot de benodigde specificaties voor integratie van dit concept in hun BIPV-systeem. Verder is gehard 2 mm glas (of 2,8 mm als back-up) gebruikt voor de modules en is een goede inkapseling geselecteerd als vervanging voor EVA. Ten slotte is het slimme ontwerp van contacten op de folie voor interconnectie met de cellen cruciaal. Tijdens deze fase is Exasun toegetreden tot het project en heeft LineSolar vervangen als leider in het werkpakket. Daarom heeft Exasun de nieuwste technologieën in het innovatieve moduleontwerp opgenomen.

Linesolar heeft verschillende materialen getest en een stuklijst voorbereid voor drie verschillende varianten. Van deze drie varianten zijn in totaal 11 2x2 modules naar ECN verscheept voor IV- en EL-testen. De achterlaag die door Solned is ontworpen, is in deze prototypen geïntegreerd. Het ontwerp van de folie en de materiaalkeuze voor de IBC BCG-module zijn niet uitgevoerd vanwege een gebrek aan beschikbaarheid van de IBC-technologie.



*Fig: 2x2 Exasun samples ontwikkeld voor de killer test met geïntegreerde backsheets van Solned*

**Taak 1.2** - Duurzaamheidstests en mechanische tests zijn uitgevoerd met alternatieve BCG-moduleontwerpen. ECN heeft de 'killer-tests' uitgevoerd op de modulemonsters met behulp van een sequentiële combinatie van Thermal Cycling en Dampheat tests. ECN heeft deze tests uitgevoerd in een klimaatkamer (1000 uur, bij 85°C en 85% relatieve luchtvochtigheid) en heeft verder getest om te zien wat de resultaten zouden zijn als de 'killer-tests' worden verlengd.

ECN heeft verschillende tests uitgevoerd op de prototypen die door LineSolar / Exasun zijn vervaardigd. De test die ECN uitvoerde, was de volgende:

- IV + EL
- DH500
- IV + EL + DLIT

ECN heeft deze test gedurende een langere periode uitgevoerd om te zien wat de resultaten zouden zijn op de levensduur en de efficiëntie van het panel. Dit waren de zogenaamde 'killer-tests'. De volgende resultaten zijn bereikt:

- De Damp Heat (DH) -test was succesvol tot 4000 uur.
- De Thermal Cycling (TC) -test was succesvol tot 500 uur.
- De killer-test (TC en DH) resulteerde in minder dan 5% afbraak tot TC200 na DH1000. Het is mislukt na TC300. De killer-test is echter veel moeilijker dan DH en TC.

Meer informatie over de exacte tests die ECN heeft uitgevoerd en de resultaten zijn te vinden in de presentaties die bij dit rapport zijn gevoegd.

Er zijn geen mechanische tests uitgevoerd op volledige modules.

**Taak 1.3** – De activiteiten in deze taak zijn overgedragen aan een ander project genaamd INTELECT in overleg met RVO. Daarom zullen deze activiteiten niet verder worden uitgewerkt.

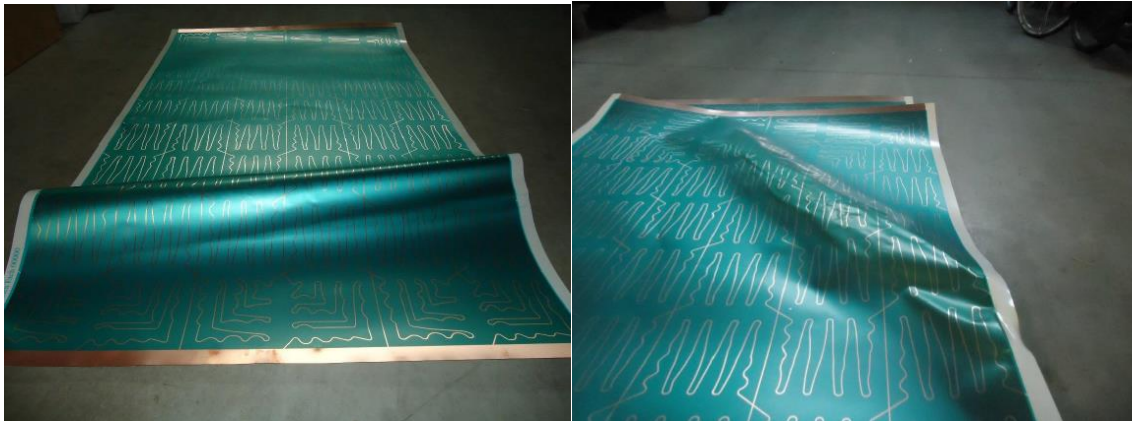
**Taak 1.4** – De activiteiten in deze taak zijn overgedragen aan een ander project genaamd INTELECT in overleg met RVO. Daarom zullen deze activiteiten niet verder worden uitgewerkt.

**Taak 1.5** – De activiteiten in deze taak zijn overgedragen aan een ander project genaamd INTELECT in overleg met RVO. Daarom zullen deze activiteiten niet verder worden uitgewerkt.

**Taak 1.6** – In taak 1.1 heeft Exasun een folie met geïntegreerde contacten ontwikkeld voor toepassing in back-glasmodules van glasglas. In deze taak (1.6) heeft Solned een geïntegreerde back-sheet voor back-contactmodules ontwikkeld. Deze folie is aangebracht in backcontact modules en heeft zowel de koperfolie als de achterlaag geïntegreerd om de materiaalkosten te verlagen en het ontwerp van de modules te vereenvoudigen. Verder heeft Solned onderzocht of de volgende generatie van zijn technologie beschikbaar kan worden gemaakt voor toepassing in de BCG-modules. ECN is hierbij betrokken en voerde voorlopige testen uit met mini-modules met betrekking tot de verwerkingskarakteristieken van de geïntegreerde back-sheet.

Het ontwikkelde achterblad leek problemen te hebben bij het drogen. Dit leidde tot vervorming van de backsheets zoals hieronder getoond:





Voor de 20 samples die nodig zijn voor de pilot in het Wijk van Morgen werden de backsheets handmatig gedroogd, zodat ze in de laminaten konden worden gebruikt.

#### WP 2: Junction box development and system intelligence

**Taak 2.1** - Solned heeft een basisplaatontwerp gemaakt waarop een hoef is geplaatst. Dit ontwerp zorgt ervoor dat specifieke variaties mogelijk zijn, afhankelijk van het type module, specifieke kenmerken van het systeem, enzovoort.

Solned heeft samengewerkt met AERspire en Exasun en heeft een slimme junction box ontwikkeld die kan worden geïntegreerd in (BIPV) glas-glas modules / systeem. Op basis van het ontwerp van de initiële junction box, zijn er variëteiten gemaakt voor toepassing in BCG MWT-modules. De ontwerpen zijn getest met de prototypemodules van standaard AERspire-technologie en de full-size BCG-modules die in het vorige werkpakket zijn ontwikkeld. Het uiteindelijke ontwerp resulteerde in een versie met connectoren die ontworpen waren voor een levensduur van 30 jaar en geoptimaliseerd voor het wrijven van corrosie-effecten. Solned is het eerste Nederlandse bedrijf dat met succes het ontwerp van de aftakdozen voor het wrijven van corrosie heeft gecertificeerd door de KIWA IEC62790-tests te behalen.

**Taak 2.2** – Omdat taak 1.3 - 1.5 in project INTELECT zal worden uitgevoerd, was het niet mogelijk om deze activiteiten in dit project voort te zetten.

**Taak 2.3** - Het ontwerp van de junction box van Solned, bestaande uit een gestandaardiseerde baseplate en een aangepast junctionbox ontwerp, is het ideale platform om intelligentie verder te integreren op het niveau van een PV-module. Solned, AERspire en Zuyd hebben een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar welke intelligentie nodig is in toekomstige BIPV-systeemontwerpen om te voldoen aan de markt- en regelgevingseisen. Functies zoals MPP-tracking in de junction box monitoring & controle, storingsmeldingen, prognoses en communicatie met eindgebruikers of binnen slimme netwerken zijn onderzocht. De volgende conclusies werden getrokken:

- MPP-tracking: er is behoefte aan optimale efficiëntie, maar de paneelfabrikant wil deze intelligentie niet in het panel integreren, maar ziet dit liever als een n add-onproduct.
- Prognoses kunnen in de toekomst worden toegevoegd (tenzij er een rendementsverlies is). Momenteel is het toevoegen van deze functie niet haalbaar.

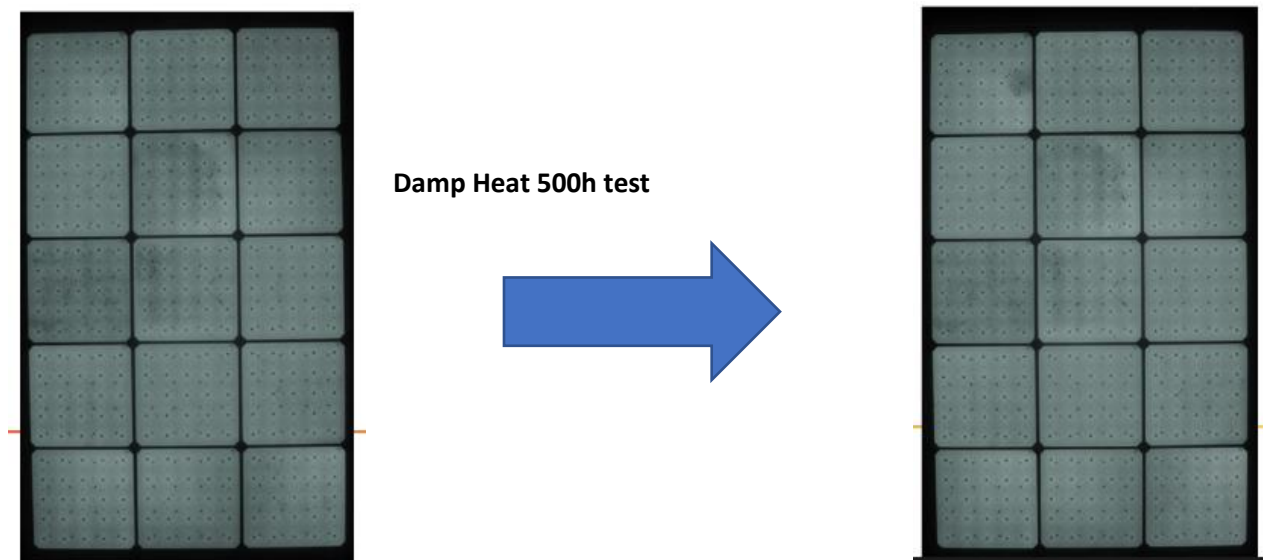
- Communicatie en monitoring zijn nodig omdat er meer zonnepanelen in de gebouwde omgeving worden geplaatst. Dientengevolge is er een grotere kans op schaduw die het systeem kan beïnvloeden.
- De MLPM-functies zullen steeds meer in het systeem worden gebruikt, maar dit kan als een afzonderlijk onderdeel in het systeem worden toegevoegd en niet in de modules en junction box

### WP 3: Prototyping and regulation

**Taak 3.1** - Om te kunnen concurreren met industriestandaarden, is snelle glas-glaslaminering essentieel. Innovaties in de glasindustrie hebben geleid tot de mogelijkheid om 2 mm dun glas te produceren, wat betekent dat een zonnecel met 60 cellen niet meer weegt dan een standaard glasfoliemodule. De duurzaamheid van glas is uitstekend en daarom is het ontwerp van de module extreem robuust en duurzaam. Het lamineerproces wordt echter zeer uitdagend. De selectie van encapsulantmateriaal moet zodanig zijn dat gasvorming uitgesloten is. Ook moet de evacuatiefase aan het begin van de laminatiecyclus zodanig zijn dat alle lucht en gassen kunnen worden geëxtraheerd. Anders worden er leemtes gecreëerd die uiteindelijk tot luchtzakken leiden.

LineSolar heeft een kleine serie BCG-prototypen gemaakt op basis van het ontwerp van WP1. LineSolar was van plan in november 2015 het consortium van 10 prototypen met IBC-technologie te voorzien, maar vanwege het gebrek aan beschikbaarheid van IBC-technologie besloten ze om de stuklijst te wijzigen en volledig voor MWT-cellen te gaan. 11 van deze prototypen zijn in januari 2016 aan ECN geleverd voor testen. De prototypen zijn verbonden met de junction box die in het vorige werkpakket zijn ontwikkeld en vervolgens door ECN zijn getest om de prestaties en duurzaamheid te bepalen.

Hieronder vindt u de resultaten met de gloednieuwe backsheets, beproefde cellen en een nieuwe encapsulant na 500 uur DH:



Bovendien produceerde Exasun de prototypen op ware grootte die waren gebaseerd op de kleine BCG-prototypen die waren verbonden met de Solned-junction box die in het vorige werkpakket waren ontwikkeld. Hieronder is het resultaat van een van de prototypen.



**Taak 3.2** - Duurzaamheid en hoge prestaties van de slimme junction box, ontworpen door Solned, hangen grotendeels af van de kwaliteit van de productie. Daarom heeft Solned innovatieve productietooling ontwikkeld en zijn junctionbox ontwerp geoptimaliseerd om de productie van hoge kwaliteit tegen lage kosten te verbeteren

**Taak 3.3** – In deze activiteit heeft Solned de productie van relevante prototypen voor testen in het volgende werkpakket gecoördineerd. Voor schaduwprestatiemetingen zijn prototypen van volledige grootte geproduceerd. Solned biedt junction boxes voor al deze variaties. Voor een volledige systeempiloottest in de Wijk van Morgen (schaal 25m<sup>2</sup>) worden bovendien 15-20 prototypen geproduceerd door Linesolar en verbonden met een slimme junction box voor integratie in het AERspire BIPV-systeem in het Wijk van Morgen (zie activiteit 4.3). Verder zijn er een aantal J-box prototypen geproduceerd voor pre-certificering testen door KIWA.



*Fig: prototype ontwikkeling junction box voor pre-certificeringstesten.*

**Taak 3.4** – Omdat nieuwe technologieën voortdurend worden ontwikkeld, veranderen ook de richtlijnen voor regelgeving en certificering. Kiwa heeft zich gericht op welke tests nodig zijn (agressievere levensduurtests) om betere prestaties en duurzaamheid te bewijzen. Kiwa heeft onderzoek gedaan naar de huidige en toekomstige regulerende en certificeringskwesties met betrekking tot de ontwikkeling van de technologieën in dit project. De resultaten worden vermeld in het overzicht.

- **Low Voltage Directieve 2004/35/EU**
- **R&TTE Richtlijn 2014/53/EU**
- **EMC Richtlijn 2004/30/EU**
  
- **Reach Regulation (EC) No 1907/2006 (niet bij KIWA mogelijk)**
- **RoHS (Restriction of the use of hazardous substances) 2011/65/EU (niet bij KIWA mogelijk, wellicht wel bij Oesterbaai)**
  
- **Eco Design and Labelling 2009/125/EC als compleet product**
- **WEEE (Packaging and packaging waste) 94/62/EC als compleet product**

#### WP 4: Pilot testing and monitoring

**Taak 4.1** - ECN heeft de jaarlijkse opbrengstprestaties van de ontwikkelde BCG-modules bepaald door outdoor-metingen van IV-tracers. Dit is gedaan met behulp van de door ECN ontwikkelde methode, de 'fingerprint method'. Met deze methode is slechts een korte periode van outdoor-metingen nodig om de prestaties gedurende het hele jaar te kunnen voorspellen. Na het meten van de modules zonder schaduw, zullen de metingen worden vervolgd door metingen onder beschaduwde condities. De configuratie is als volgt opgezet:



*Fig: Schematische weergave van testopstelling Petten (ECN).*

De test van de modules is tegelijkertijd uitgevoerd, zoals vereist voor een nauwkeurige vergelijking van de modules. De standaard MWT-module met geïntegreerde INTELECT PCB kon niet worden getest.

ECN heeft gesimuleerd hoe de verschillende hoogte en afstand tussen palen de jaarlijkse opbrengst beïnvloeden. Ze concludeerden dat de voorkeur voor het plaatsen van de palen 20 cm van het paneel is, elk met een hoogte van 75 cm.

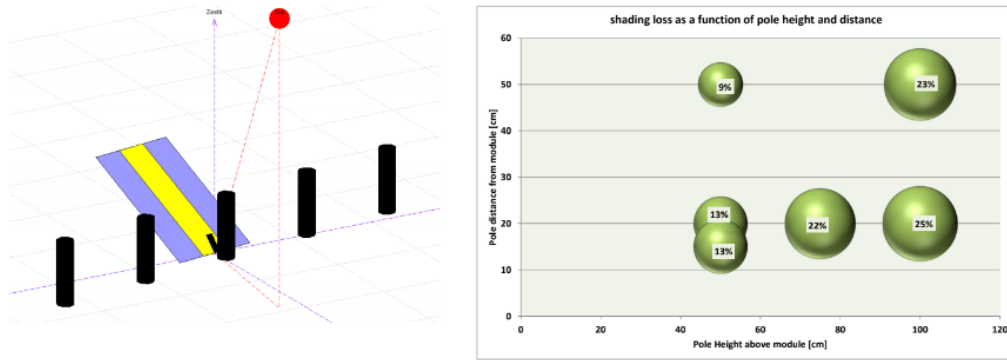


Fig: Simulatie van schaduwconfiguratie van testopstelling ECN, Petten.



Fig: Testopstelling in Petten.

De resultaten van de outdoor-IV-metingen zijn **strikt vertrouwelijk**.

**Taak 4.2** – De belangrijkste aandachtspunten met betrekking tot veiligheid zijn geïdentificeerd op basis van de voorschriften en certificatievereisten. Wanneer modules of (slimme) componenten zoals junction boxes worden toegepast in de gebouwde omgeving, zijn de aanvullende normen (zie taak 3.4) relevant. KIWA heeft voorlopige tests uitgevoerd op de J-box-richtlijnen van de EU.

**Taak 4.3** – Een volledig PV-systeem van 25m<sup>2</sup> werd gebouwd en getest in het Wijk van Morgen, op basis van het AERSpire BIPV-systeem. AERSpire heeft de installatie verzorgd en Zuyl heeft een slim monitoring plug-n play-systeem ontwikkeld en monitort de temperatureffecten, PV-prestaties en storingen in het vroege stadium in buitenomstandigheden. Om esthetische redenen is besloten om alleen het ontwerp van de AERSpire-module te gebruiken. Vanwege het andere ontwerp van de module (dikker en groter glas) had Exasun problemen met het produceren van deze speciale modules. Het resulteerde in modules met gekraakte cellen. Daarom moesten de onderzoeksvragen worden gewijzigd.

#### WP 5: Project management

**Taak 5.1** – De partners hebben Chematronics ingehuurd om de algehele planning tussen de werkpakketten te coördineren en de organisatie van driemaandelijke consortiumvergaderingen. Continue monitoring verzekerde dat eventuele aanpassingen in overleg met de projectpartners werden gecommuniceerd naar RVO en de TKI Solar Energy. Verder zijn mogelijke activiteiten met derden centraal gecoördineerd.

**Taak 5.2** – In het project is de voortgang van de inhoud en de financiële voortgang op kwartaalbasis gemonitord. Chematronics heeft voortgang en afwijkingen t.o.v. het projectplan gerapporteerd aan de



stuurgroep en indien nodig aan de TKI Solar Energy en RVO. Indien nodig werden projectwijzigingen doorgevoerd en formeel goedgekeurd.

## Vervolgactiviteiten

Smart HiPerPV is erin geslaagd een groot aantal resultaten te behalen waarvan sommigen na het einde van het project een follow-up zullen hebben. Solned commercialiseert hun ontwikkelde junction box. ECN heeft bewezen dat hun ontwikkelde 'fingerprint methode' een haalbare methode is om de jaarlijkse opbrengst te bepalen met minimale metingen en zal deze methode gebruiken in toekomstige projecten. Sensus Energy is nog steeds bezig met de integratie van hun PCB-ontwerp en zal deze technologie verder ontwikkelen in een ander project genaamd INTELECT. AERspire en Solned bespreken verdere samenwerking en integratie van de Solned-junction box met AERspire-technologie. Linesolar / Exasun zal niet doorgaan met het bouwen van de 'speciale' panelen die werden gebruikt tijdens dit project, maar hebben geleerd van de ervaringen tijdens het project en zullen deze informatie gebruiken voor verdere schaalvergroting van hun bedrijf. Dit project heeft unieke resultaten opgeleverd voor de kennisinstellingen (Zuyd Hogeschool en Kiwa). De testfaciliteit in het Wijk van Morgen zal worden gemonitord om verdere relevante gegevens te produceren, zodat eventueel vervolgonderzoek kan worden gedaan. De kennis die door Kiwa is verzameld, zal hen helpen nieuw ontwikkelde certificatie-tests voor toekomstige producten te genereren.

## Discussie, conclusies en aanbevelingen

Smart HiPerPV was een ambitieus project met een groot aantal innovatieve doelstellingen. Niet alle doelstellingen zijn bereikt. Alle ervaringen en resultaten hebben echter geleid tot verdere inzichten voor de partners. Voor sommige resultaten (bijvoorbeeld de BCG-prototypen) werd een afwijking gemaakt vanwege product- en marktredenen, maar er zijn relevante aanvullende resultaten behaald.

De volgende resultaten zijn behaald:

WP1	Design HiPer laminates and components	Due date	Leader
D1.1	Foil design and material selection for MWT BCG module	May 2015	LineSolar
D1.2	Foil design and material selection for IBC BCG module	Dec 2015	LineSolar
D1.3	Killer test results on small BCG MWT samples	Nov 2015	ECN
D1.4	Killer test results on small BCG IBC samples	Apr 2016	ECN
D1.5	Test results mechanical tests of BCG modules	Apr 2016	ECN
D1.5	INTELECT PCB design integrated in MWT module	Oct 2015	Sensus
D1.6	Test results INTELECT PCB integrated in mini-modules	Jun 2016	ECN
D1.7	INTELECT PCB integrated in full-size module design	Feb 2017	Sensus
D1.8	Integrated backsheet design	Mar 2016	Solned

WP2	Junction box development and system intelligence	Due date	Leader
D2.1	Junction box base plate design	Aug 2015	Solned
D2.2	Smart junction box design for standard AERspire module	Apr 2016	Solned
D2.3	Smart junction box design for BCG MWT and IBC module	Apr 2016	Solned
D2.4	Research report INTELECT integration in junction box	Jun 2017	Sensus
D2.5	Test results ASIC in glass-glass laminate	Jun 2017	ECN
D2.6	Feasibility report integration of intelligence in junction box cover	Feb 2017	Solned

WP3	Prototyping and regulation	Due date	Leader
D3.1	BCG MWT prototypes available (60 cells)	Dec 2015	LineSolar
D3.2	BCG IBC prototypes available (60 cells)	May 2016	LineSolar
D3.3	Prototype of smart j-box available	Dec 2015	Solned
D3.4	Prototypes available for testing in work package 4 (2 INTELECT PCB integrated MWT modules, 2 BCG MWT modules, 2 BCG IBC modules, x modules/junction boxes for preliminary safety tests by KIWA, 2 standard H-pattern modules, 15-20 prototypes of most promising technology available for full system pilot test)	Dec 2016	Solned
D3.5	Overview of relevant regulation & certification issues	Dec 2015	KIWA

WP4	Pilot testing and monitoring	Due date	Leader
D4.1	Test results on performance of various configurations of modules	Dec 2017	ECN
D4.2	Test results regarding safety on most important identified topics	Dec 2017	KIWA
D4.3	Outdoor monitoring of smart BIPV system	Dec 2017	Zuyd
D4.4	Dissemination of (non-confidential) project results	Dec 2017	Zuyd

WP5	Project management	Due date	Leader
D5.1	Minutes of consortium meetings	Continuous	Solned
D5.2	Financial reports	Continuous	Solned
D5.3	Progress reports	Continuous	Solned

De complexiteit van het project heeft verschillende uitdagingen gecreëerd tijdens het uitvoeringsproces en heeft dus het project beïnvloed. Daarom worden enkele aanbevelingen gedaan voor de uitvoering van toekomstige projecten.

- Samenwerking tussen een groot aantal partners, elk met zijn eigen ambities, ervaringen en doelstellingen, vereist een voortdurende coördinatie van strategische en operationele belangen. Door het projectmanagement van een onafhankelijke partij te voltooien, werden alle belangen in aanmerking genomen met succesvolle resultaten voor verschillende partners. Bovendien biedt dit de mogelijkheid om deel te nemen aan een open samenwerking met elkaar, zelfs in risicovolle en zelfs potentieel concurrerende activiteiten. Het vooraf goedkeuren van commerciële exclusiviteit in projecten waar de onzekerheid nog steeds groot is, belemmert samenwerking eerder dan intensivering ervan.
- De veranderende omstandigheden in zowel de zonne- als de bouwsector in Nederland en daarbuiten creëren voortdurend veranderende omstandigheden die het marktperspectief van innovaties beïnvloeden.
- Er zijn een aantal technische innovaties uitgevoerd in het project. Deze innovaties kunnen ook grotendeels als afzonderlijke producten worden vermarkt. Dit zorgt ervoor dat risico's met betrekking tot vertragingen in ontwikkeling geen belemmering vormen voor het voortzetten van de andere innovaties. Een goed voorbeeld hiervan zijn de ontwikkelingen bij Solned en Sensus Energy. Waar Solned zijn unieke junction box heeft kunnen ontwikkelen en certificeren, is Sensus Energy verschillende uitdagingen tegengekomen die tot grote vertragingen hebben geleid.
- De ambities waren hoog en de diversiteit aan innovaties was groot. Aan de ene kant genereert dit brede kennisuitwisseling en een focus op aspecten in het systeem die in kleinere consortia wellicht zijn vergeten. Aan de andere kant heeft dit enige vertraging veroorzaakt bij het bereiken van enkele resultaten. Een duidelijke fasering van het project met gezamenlijk afgesproken mijlpalen en beslismomenten is noodzakelijk om de voortgang van het project te behouden en om de status van de verschillende ontwikkelingen met betrekking tot de afgesproken doelen bij te houden.

Samenvattend kijken de projectpartners terug op een uitdagend project dat uiteindelijk heeft geleid tot positieve resultaten voor de betrokkenen.