

**Openbaar Eindrapport**  
**SEW: Smart Energy Windows**  
**TKIZ01016**

Contactpersonen:

Teun Wagenaar, [t.wagenaar@peerplus.nl](mailto:t.wagenaar@peerplus.nl), Peer+, [www.peerplus.nl](http://www.peerplus.nl)

Corry de Keizer, Solar Energy Application Centre (SEAC), High Tech Campus 21, Eindhoven, The Netherlands, [dekeizer@seac.cc](mailto:dekeizer@seac.cc), [www.seac.cc](http://www.seac.cc)

Lenneke Slooff, ECN, [slooff@ecn.nl](mailto:slooff@ecn.nl), [www.ecn.nl](http://www.ecn.nl)

**Korte projectsamenvatting**

Het project Smart Energy Windows (SEW) is één van de eerste projecten die succesvol afgerond zijn binnen de Nederlandse Topsector Solar Energy. In dit project, dat in oktober 2012 begon, hebben Peer+, SEAC en ECN samengewerkt aan het verder ontwikkelen van schakelend glas op basis van liquid crystal technologie en aan het opzetten en analyseren van verschillende pilots. Het glas kan geschakeld worden tussen een transparante en een donkere stand. Het gebruik van Smart Energy Windows in de gebouwde omgeving kan leiden tot energiebesparing, door warmte buiten te houden op warme dagen en licht door te laten op donkere dagen, en tot comfortverhoging, door het verminderen van verblinding en oververhitting. Door de integratie van zonnecellen (PV) in het raam, heeft het product in tegenstelling tot andere schakelende ramen geen externe bedrading, die aangesloten moet worden, nodig. In dit project is de in het raam geïntegreerde PV en bijbehorende elektronica verder ontwikkeld met als doel om energieautonomie in referentiestad Madrid te bereiken.

De eerste stap in het project was de ontwikkeling van een productieversie van de elektronica voor het PEER+ smart window product.

Vervolgens zijn in het project voor het eerst een aantal prototypes groter dan 1 m<sup>2</sup> van de 1<sup>e</sup> generatie Smart Energy Window geproduceerd. Twee prototypes werden geïnstalleerd in een veldtest op de High Tech Campus in Eindhoven. In de veldtest is de autonomie van het raam onderzocht. Conclusie is dat voor ramen met deze grootte autonomie bereikt kan worden voor het raam dat was geïnstalleerd gericht op het zuiden in de veldtest in Eindhoven.

Verder is de energetische performance van een ruimte met Smart Energy Windows onderzocht en vergeleken met een referentie.

Binnen dit project zijn zowel een vergaderruimte van KIC InnoEnergy in Eindhoven als een vergaderruimte van de gemeente Eindhoven uitgerust met Smart Energy Glass. De feedback van de bouwketen was zeer positief, maar uit het eerste proefproject bleek dat de rode gloed die het glas uitstraalt en de lichte verstrooiing in de donkere stand verbetering behoeft. In het tweede proefproject zijn deze zaken opgelost en hebben de gebruikers dit niet meer opgemerkt.

Het concept en het bedrijf kregen aandacht van verschillende internationale media in de zomer van 2014 toen Peer+ overgenomen werd door het Duitse bedrijf Merck. De projectpartners kijken terug op een zeer succesvol project met goede marktvooruitzichten.

## **1 Inleiding**

Er gelden steeds strengere regels voor energiegebruik in de gebouwde omgeving. Dit leidt tot een vraag uit de glasindustrie naar producten die licht en warmte in gebouwen beter kunnen regelen.

Er zijn drie hoofdcategorieën producten voor energiezuinige (semi)transparante façades. Ten eerste is er low-e glas, wat de warmte buiten houdt en de maximale hoeveelheid licht binnenlaat. Een tweede categorie zijn zonweringssystemen en semitransparante BIPV.

Buitenzonwering is het meest effectief, maar resulteert vaak in hoge installatie- en onderhoudskosten. Bovendien functioneert buitenzonwering vaak niet als het te hard waait. Een alternatief voor een beter licht en warmte management, maar zonder onderhoudskosten, is de relatief nieuwe categorie van schakelende ramen. Deze ramen houden warmte op warme dagen buiten en laten licht op donkere winterdagen door. Ook Smart Energy Glass is actief in deze categorie.

Smart Energy Glass is uitgevonden op de Technische Universiteit Eindhoven en wordt



**Figuur 1** Veldtest met Smart Energy Windows in de linker cabine en referentieglass (en niet zichtbare jaloezieën) in de rechter cabine.

gecommercialiseerd door Peer+. De ramen baseren op liquid crystal technologie en streven naar een autonome installatie (off-grid, geen kabels buiten raam) en draadloze afstandsbediening. Andere schakelende raam technologieën, zoals electrochrom, thermochroom en fotochrom hebben vaak verschillende nadelen, zoals gebrekkige regelmogelijkheden, gebrekkig comfort of een complexe installatie.

## 2 Doelstelling

In het SEW project hebben Peer+, SEAC en ECN zich tot doel gesteld de Smart Energy Window producten verder te ontwikkelen en middels een uitgebreid testprogramma op functioneren in het veld te onderzoeken.

In een vorig EOS DEMO project, zijn 0<sup>e</sup> generatie kleine prototypes van het Smart Energy Window gemaakt en gebruikt in een pilot. Deze prototypes waren nog niet autonoom.

Eén van de doelen van dit project was het ontwikkelen van een 1<sup>e</sup> generatie Smart Energy Windows, die autonoom functioneren in horizontale toestand in Madrid. Daarvoor is een volledig nieuwe versie van de elektronica, inclusief PV, in het raam ontwikkeld. Functionele prototypes zijn opgeleverd voor een uitgebreide veldtest en verschillende pilot projecten.

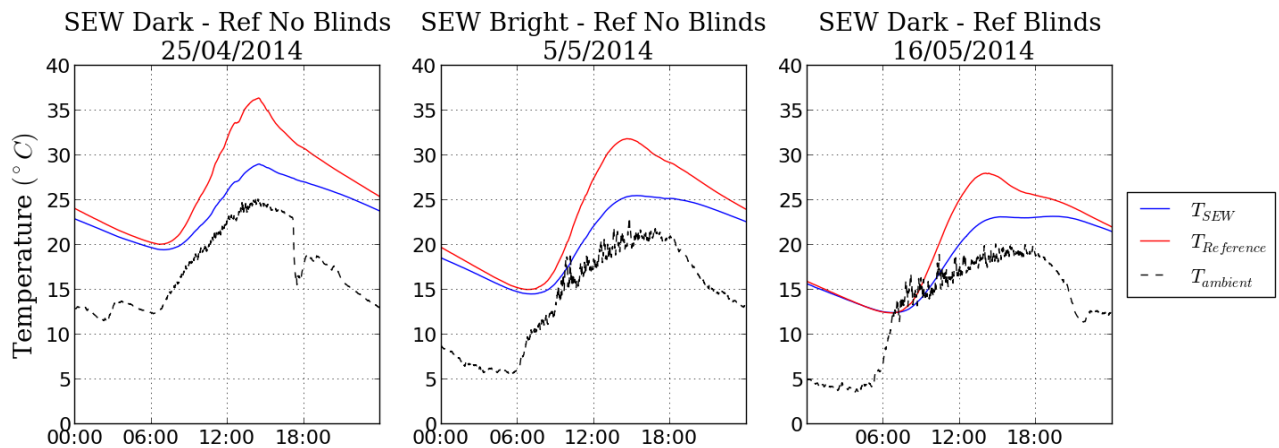
Een veldtest is opgebouwd met als doel om energiebesparingen voor koeling en verlichting te kwantificeren en om de autonomie van het raam te onderzoeken.

De ontwikkelde ramen zijn vervolgens toegepast in verschillende pilot projecten om het functioneren van de ramen te demonstreren.

## 3 Veldtest: opzet en resultaten

Het eerste doel van de veldtest is een vergelijking van het energieverbruik van een typische ruimte met Smart Energy Glass met eenzelfde ruimte met referentieramen. De testopstelling bestaat uit twee extra geïsoleerde portacabins, waarbij in één cabine twee Smart Energy Windows en in de andere cabine twee referentieruiten zijn geïnstalleerd (zie Figuur 1). Verder worden verlichting en verwarming geregeld op basis van meetwaarden en werd automatisch bepaald wanneer de SEW ramen schakelden van de transparante naar de donkere stand.

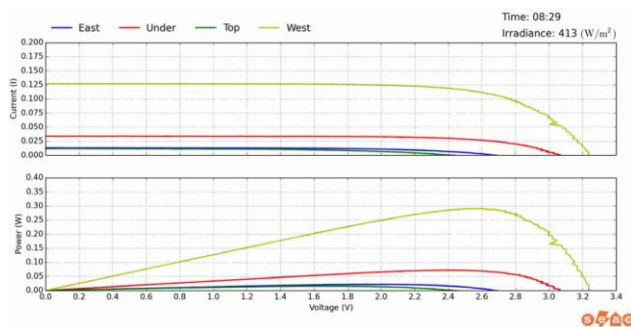
De resultaten laten zien dat de cabine met de Smart Energy Windows in de zomer veel koeler is dan de cabine met het referentieglass. Dit geldt voor zowel het raam in de donkere als in de lichte stand. Figuur 2 laat de gemiddelde temperatuur in de SEW en de referentiecabine zien op drie verschillende dagen. Het is duidelijk dat de temperatuur in de cabine met Smart Energy



**Figuur 2** Temperatuur in SEW cabine (blauw), in de referentiecabine (rood) en de buitentemperatuur (zwart) voor drie verschillende situaties op drie verschillende dagen.

Windows tot ongeveer 8°C lager ligt dan de temperatuur in de referentiecabine. Simulaties van de cabines met TRNSYS laten zien dat dit leidt tot grote besparingen op het energieverbruik voor koeling in vergelijking met de referentie. Er wordt iets meer verwarming gebruikt in de cabines met Smart Energy Windows.

De opbrengst van PV strips die aan verschillende zijden van het raam waren aangebracht zijn gedurende twee maanden gemeten met behulp van een IV-tracer. Omdat de zon van richting en hoogte verandert, verandert de opbrengst van de PV strips. In Figuur 3 staat een voorbeeld met stroom en vermogen tegen voltage in de ochtend. Duidelijk is dat de strips op het westen het meeste opbrengen, dit verandert gedurende de dag.



**Figuur 3** IV en PV curve van 9 maart 2014 om 8:29

De PV strips aan de zijden van het raam in de veldtest produceren voldoende stroom om de ramen autonoom te maken, mits de ramen in de donkere stand energie verbruiken.

#### 4 Pilots

In dit project zijn een tweetal proefprojecten uitgevoerd. In de vergaderruimte van KIC InnoEnergy te Eindhoven is het glas van 5 bestaande ramen vervangen met Smart Energy Glass (ongeveer 6 m<sup>2</sup>) met als doel om feedback te krijgen van de bouwketen op het product. Hierbij is met hoog contrast cellen gewerkt, waarbij twee actief schakelende cellen samen het dubbel glas vormen.

Daarna is een proef project uitgevoerd in een gebouw van de gemeente Eindhoven met eindgebruikers, waarbij drie ramen met Smart Energy Glass (ongeveer 5 m<sup>2</sup>) voorzien werden in een vergaderruimte. Het Smart Energy Glass was hierbij op het gebouwregelsysteem aangesloten.

Uit deze proefprojecten is veel geleerd aangaande de productie van de panelen en het installatieconcept, maar vooral van de feedback van de bouwketen. De feedback van façadebouwers, glasbedrijven, architecten en bouwbedrijven was zeer positief. Twee belangrijke terugkoppelingen waren:

De kleur van de reflectie van het glas aan de buitenkant is belangrijk en beeld bepalend voor het gebouw. Voorheen is met de ontwikkeling van Smart Energy Glass niet gelet op dit aspect.

Kleurschakering tussen een donker en licht geschakeld raam is vanaf buiten minimaal.

Hiervoor vreesden verschillende architecten in het proefproject.

Wel bleek uit het eerste proefproject, dat de rode gloed die het glas uitstraalt en de verstrooiing in de donkere stand, verbetering behoefde. Dit is zichtbaar bij volle zoninstraling wanneer naar buiten gekeken wordt. In het tweede proefproject zijn deze zaken opgelost en hebben de gebruikers dit niet meer opgemerkt.

## **5 Conclusie**

De projectpartners Peer+, SEAC en ECN kijken terug op een zeer succesvol project met goede marktvooruitzichten. Het autonome Smart Energy Glass blijkt technisch haalbaar, robuust te produceren, effectief in het buiten houden van warmte en heeft ook een aantrekkelijk uiterlijk. Als alternatief voor binnenzonweringsproducten heeft het als groot voordeel voor de eindgebruiker dat het uitzicht behouden blijft, ook in de donkere stand.

Op basis van feedback uit de bouwketen verwacht Peer+ echter niet dat de autonome functie van het schakelende glas in de eerste generatie producten op de markt komt. Voor de glasindustrie is de stap naar schakelend glas al groot, het additionele risico om ook de elektronica voor autonomie te leveren is nog een stap te ver. Daarnaast is er in de industrie een sterke focus op initiële kosten en de autonomie verhoogt deze kosten, alhoewel daar een besparing in installatietijd tegenover staat.

## **Colofon**

Het Smart Energy Window project is uitgevoerd met steun van het Ministerie van Economische Zaken, de TKI Solar Energy en RVO (Projectnummer TKIZ01016)

Dit rapport is te downloaden op de websites van het SEAC en Peer+.