

Esthetische Gekleurde Zonnepanelen voor Nieuwe Toepassingen – PV++



Openbaar eindrapport

Projectgegevens

Projectnummer: TEHE119014
Projecttitel: Esthetisch Gekleurde Zonnepanelen voor Nieuwe Toepassingen – PV++
Penvoerder: **Soluxa B.V.**
Medeaanvragers: Radboud Universiteit Nijmegen (RU)
Projectperiode: 1-10-2019 – 31-10-2022

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

1 Samenvatting & Inleiding op Openbaar Eindrapport PV++

Aanleiding

Het is vrijwel onmogelijk om nul-op-de-meter gebouwen met meer dan twee verdiepingen te realiseren door alleen zonnepanelen op het dak te plaatsen. Bij gebouwen met meer dan twee verdiepingen valt er meer zonlicht op de gevels dan op het dak. Zonnepanelen op gevels, oftewel zonnegevels, bieden dus een enorme potentie voor het verduurzamen van de gebouwen. De toepasbaarheid van zonnegevels in de gebouwde omgeving wordt echter ernstig belemmerd door de afwezigheid van kleuraanbod. Zonnegevels van gangbare zwarte zonnepanelen zijn meestal onacceptabel aangezien gevels het visitekaartje van utiliteitsbouw zijn. Gekleurde zonnegevels passen daarentegen wel goed in de gebouwde omgeving en bieden de architect kleurvrijheid. De beschikbaarheid van gekleurde zonnegevels is dus essentieel voor het kostenefficiënt realiseren van nul-op-de-meter gebouwen en het vergroten van de publieke acceptatie van zonne-energie.

Daarnaast is er vraag naar gekleurde zonnepanelen voor landschapsintegratie en geluidsschermen. Huidige kleurtechnieken zijn echter te duur voor grootschalige implementatie. Wanneer we gekleurde zonnepanelen kunnen maken die esthetisch, efficiënt en betaalbaar zijn dan biedt dit uitstekende marktkansen.

Doel van het project

In het PV++ project hebben Soluxa, Radboud Universiteit Nijmegen en Sirius Solar de Vibrant technologie ontwikkeld voor de productie van gekleurde zonnepanelen. De Vibrant technologie is een coating waarmee gangbare donkere zonnepanelen gekleurd worden. Kleuraanbod verhoogt de aantrekkelijkheid van zonnepanelen voor nieuwe toepassingen zoals gekleurde zonnegevels, geluidsschermen, groen getinte panelen op dijken en landschapsintegratie.

De focus van het project ligt op het ontwikkelen van gekleurde zonnepanelen voor zonnegevels. Zonnegevels produceren waardevolle elektriciteit en verdienen zich daardoor snel terug. Daarnaast dragen ze bij aan het reduceren van de dagelijkse onbalans op het elektriciteitsnet. Dit project heeft er aan bijgedragen dat betaalbare gekleurde zonnepanelen nu snel op de markt geïntroduceerd kunnen worden voor esthetische integratie in daken en gevels. Het visueel aantrekkelijk maken van zonnepanelen draagt dus concreet bij aan bredere toepasbaarheid van zonnepanelen.

Korte omschrijving van de activiteiten

Binnen PV++ is de Vibrant coatingtechnologie verder ontwikkeld zodat Soluxa gekleurde zonnepanelen op de markt kan brengen. De belangrijkste activiteit is het ontwikkelen van een geautomatiseerd applicatieproces i.c.m. een coatingsysteem dat voor dit proces geschikt is. Dit proces maakt productie tegen zeer competitieve kosten mogelijk. Als onderdeel hiervan zijn de optische transmissie, glans, kwaliteit en kleur van de Vibrant coating geoptimaliseerd door het vervaardigen van testsamples en prototype panelen. Daarnaast is een begin gemaakt met de ontwikkeling van een montagesysteem waarmee de gekleurde zonnepanelen net als normale gevelpanelen gemonteerd kunnen worden. Om de toepasbaarheid van de gekleurde panelen te demonstreren, is op de Radboud Campus een prototype zonnegevel gerealiseerd. Het vermogen van de verschillende gekleurde panelen is in deze testomgeving gemonitord en de esthetische uitstraling met architecten geëvalueerd.

Resultaat

Dit project resulteert in een coatingtechnologie en een applicatieproces waarmee met beperkte kosten en minimaal rendementsverlies elk type zonnepaneel kan worden gemodificeerd tot een aantrekkelijk, gekleurd zonnepaneel.

Er is een geautomatiseerd pilot productieproces ontwikkeld. Met dit productieproces kan elke batch in een constante kleur worden geproduceerd. Om de potentie van gekleurde panelen te demonsteren is een prototype zonnegevel gerealiseerd met de gekleurde zonnepanelen. Het vermogen van verschillende gekleurde zonnepanelen is geanalyseerd. Diverse architecten uit de gebruikerscommissie hebben de pilot zonnegevel geëvalueerd en er wordt ondertussen gewerkt aan het opzetten van nieuwe demonstratieprojecten.

Het consortium bestaande uit Soluxa en de Radboud Universiteit hebben het project PV++ succesvol uitgevoerd. Er is een geschikte combinatie van coating en applicatieproces ontwikkeld waarmee gekleurde zonnepanelen geproduceerd kunnen worden. Er zijn series zonnepanelen in verschillende kleuren en tinten van hoogwaardige kwaliteit geproduceerd.

Kleurmodel. Het ontwikkelde kleurmodel maakt het mogelijk om het effect van een kleurcoating op het rendement vooraf te berekenen en te optimaliseren.

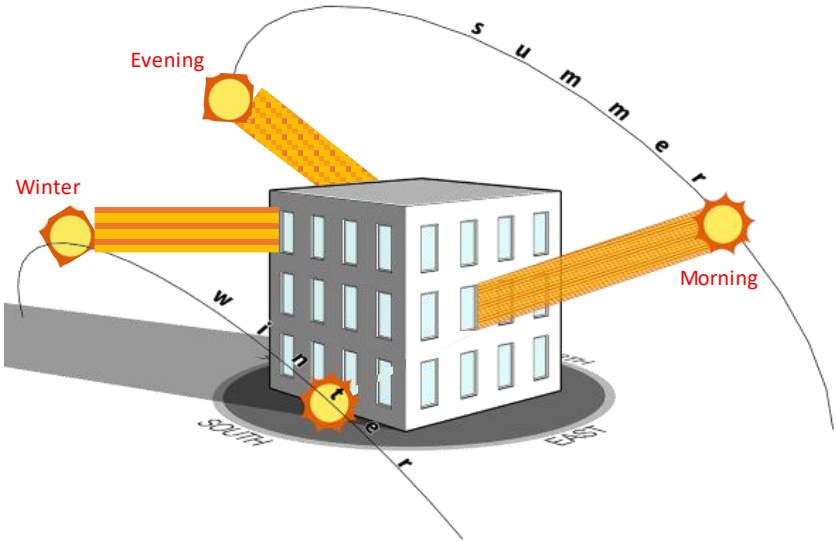
Vibrant Technologie. In het PV++ project is de Vibrant technologie ontwikkeld. De kern van deze technologie is de Vibrant coating die op bestaande zwarte zonnepanelen aangebracht wordt. Deze nanocoating is gebaseerd op interferentie, waardoor het mogelijk is om sprankelende kleuren te verkrijgen met zo min mogelijk verlies van rendement van het zonnepaneel.

Pilot zonnegevel. In de gerealiseerde pilot zijn diverse mogelijkheden voor de montage van de panelen uitgewerkt. Deze pilot zonnegevel komt mooi in beeld in [deze video-opname](#) (gemaakt n.a.v. de Jan-Terlouw prijs voor Soluxa). Door panelen met verschillende kleuren toe te passen wordt het rendement van panelen in verschillende kleuren in realistische omstandigheden gemeten. De pilot zonnegevel is openbaar toegankelijk en bevindt zich op de zuidgevel van het Huygens gebouw in Nijmegen. Mocht u interesse hebben in een demonstratie mail dan graag naar: info@soluxa.solar

Montagemogelijkheden. Er is gebruik gemaakt twee montagesystemen: een systeem met inschuifprofielen en een blind montagesysteem. Voor het systeem met inschuifprofielen is relatief weinig aluminium nodig, een nadeel kan zijn dat er zichtbare (zwart of aluminium) lijnen tussen de panelen zichtbaar blijven. Het blinde montagesysteem biedt architecten extra vrijheid voor een fraaie afwerking. Tevens kunnen de zonnepanelen gecombineerd worden met paspanelen die in dezelfde kleur van het zonnepaneel gemaakt worden.

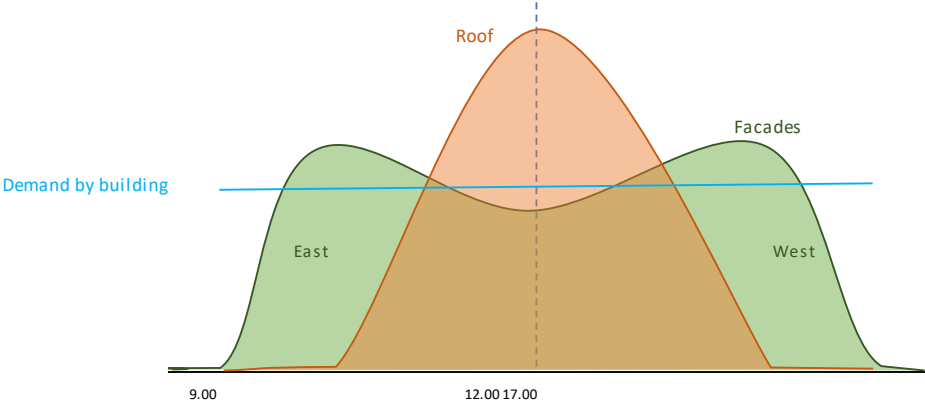
In de rest van dit document staat een presentatie overzicht van het PV++ project.

More continuous generation profile (day&year)



6

Electricity generation profile of facades



- Facades: Better match of supply and demand of electricity.
- No peak at noon.

7

Prijs elektriciteit: ochtend en avond



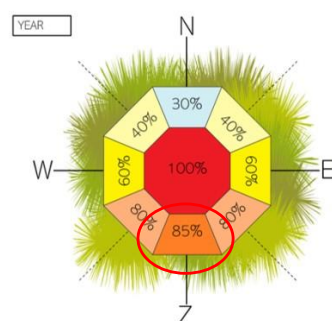
- Op piekmoment is waarde elektriciteit veel hoger dan op dal.
- Beter match van vraag en aanbod

8

EPEX, 5 september 2022, <https://nieuwestroom.nl/>

Energieopbrengst vs oriëntatie gevel

- Zuidgevel levert per jaar 85% t.o.v. plat dak.
- Zuidgevel levert in winter ruim 40% meer op dan plat dak.
- Oost en west gevel: 60% t.o.v. dak
 - Voordeel van beter opwekkingprofiel ochtend & avond



9

Huidige markt: Voorbeeld Nijmegen (Malvert) Soluxa



10

Noodzaak kleur Soluxa



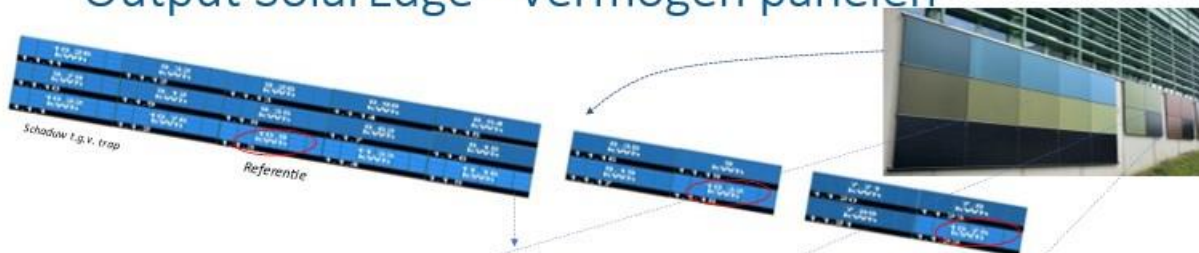
- Zwart is geen schaalbare oplossing.
 - Donkere leefomgeving is ongewenst
- Architecten willen kleurvrijheid.
- Probleem: Er bestaan nog geen betaalbare gekleurde zonnepanelen .

14



Output SolarEdge - Vermogen panelen

SOLUXA



	Donker				Licht	Geel		Oranje	
Turquoise	96%	88%	87%	84%	80%	83%	88%	73%	74%
Geel	91%	85%	87%	82%	77%	90%	100%	74%	100%
Zwart	93%	98%	100%	102%	101%				

Turquoise en geel:

- Donkere kleuren: ±93% efficiëntie (190 Wp/m²).
- Lichtste kleuren: ±80% efficiëntie (168 Wp/m²).
- Oranje: ±74% efficiëntie (155 Wp/m²).

Conclusie: Prestatie gekleurde panelen is zeer goed

29

- Blinde montage



Voorbeeld twee tinten terracotta

Soluxa



- Paneel 1 en 2 zijn donkerder, rendement 85%
- Paneel 3 is lichter, rendement 78%

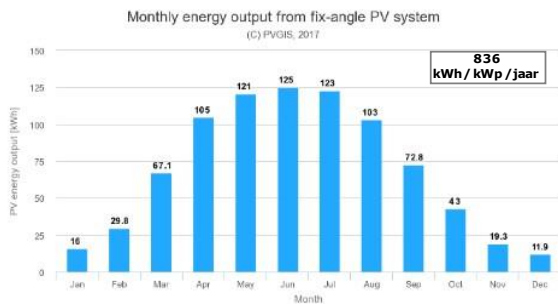
23

Combinatie met paspanelen

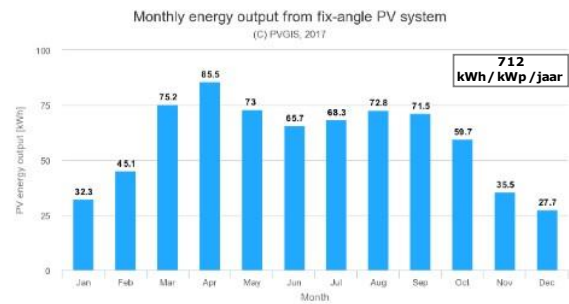


30

Jaarlijks opwekkingsprofiel



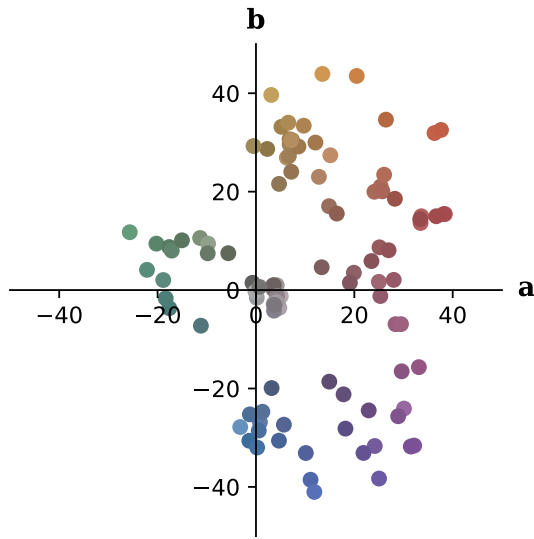
Plat dak:
Groot verschil zomer en winter



Gevel:
Minder variatie

30

CIELAB Kleurruimte



31

Selectie van Kleuropties

L	a	b	Color indication
0	64.2	4.2	1.0
1	62.5	4.4	-1.6
2	70.1	5.0	-1.2
3	58.2	3.7	-2.9
4	62.2	4.0	-3.4
5	61.6	3.5	0.9
6	68.9	4.3	-2.2
7	69.3	4.2	-1.3
8	65.4	4.0	-3.8
9	65.4	4.4	-2.7
10	50.4	3.6	0.2
11	47.2	3.5	0.7
12	42.2	3.6	1.9
13	59.6	7.1	30.0
14	51.5	4.7	21.6
15	56.3	8.8	29.8
16	61.0	4.3	26.3
17	45.3	29.9	3.1
18	47.1	28.4	-6.9
19	41.5	19.1	1.3
20	46.1	25.3	-1.2
21	49.2	26.0	1.7
22	42.8	13.4	4.6
23	50.4	14.9	17.0
24	50.8	30.1	-24.1
25	37.4	17.8	-21.2
26	43.5	24.1	-31.7
27	35.6	14.9	-18.6
28	51.1	0.8	-26.8
29	44.5	11.1	-38.5
30	43.2	9.7	-37.9
31	45.6	-1.2	-25.9
32	47.1	1.3	-24.7
33	57.8	-11.4	10.6
34	43.1	-4.6	7.9
35	59.4	-25.7	11.8
36	64.2	-9.7	9.4
37	46.8	-11.2	-7.2
38	49.2	-9.8	7.5
39	54.4	4.8	30.4
40	53.0	4.7	27.3
41	51.1	2.3	28.7
42	58.1	9.7	33.4
43	53.6	8.6	29.2
44	60.5	13.5	49.9
45	55.7	5.2	31.2
46	55.3	7.4	30.5
47	62.6	15.1	27.8
48	58.3	12.8	33.0
49	45.1	16.4	35.5
50	51.4	24.1	30.0
51	51.6	25.4	31.1
52	53.1	26.1	33.8
53	48.0	15.1	8.7
54	50.8	33.6	35.0
55	50.1	33.5	33.8
56	40.9	-0.7	1.5
57	41.3	23.5	5.9
58	55.4	4.3	-1.2
59	67.6	4.8	-3.8
60	64.4	0.2	-1.6
61	47.4	3.6	-2.8
62	63.7	4.2	-0.4
63	69.3	-0.1	-0.3
64	53.7	3.7	-4.2
65	50.2	3.7	-3.0
66	51.4	7.2	24.0
67	61.7	7.1	30.5
68	48.7	29.5	-6.9
69	42.1	28.9	-25.6
70	58.7	-3.2	-27.8
71	38.7	3.2	-19.9
72	47.7	-17.6	-1.7
73	51.9	-20.2	9.4
74	50.2	25.7	20.1
75	49.6	18.4	15.4
76	42.4	27.0	8.1
77	41.8	33.4	14.4
78	53.7	12.1	30.0
79	60.8	20.5	43.5
80	51.9	26.4	34.8
81	43.3	28.2	19.8
82	52.1	36.9	31.9
83	45.7	38.2	35.4
84	60.0	6.6	34.0
85	45.0	28.0	2.1
86	36.6	22.9	-24.5

22

Big thanks to our Partners!



42

Slotevenement PV++



2 Kennisverspreiding en Publiciteit m.b.t. PV++ project

Het consortium heeft verder op de volgende manieren bekendheid gegeven aan de innovatie die binnen PV++ ontwikkeld is.

2.1 Publiciteit vanuit Soluxa

Openbaar toegankelijke pilotgevel. Bij de pilot zonnegevel zijn twee aluminium borden met toelichting.

Jan Terlouw prijs. Soluxa heeft de Jan-Terlouw ambitieprijs gewonnen in 2021. Naar aanleiding hiervan is de volgende video gemaakt: <https://www.youtube.com/watch?v=0H3CPDA5vGI>.
<https://www.thefutureofus.nl/jan-terlouw-ambitieprijswinnaar-soluxa-in-beeld/>

Media

Persbericht. Soluxa heeft een persbericht n.a.v. de pilot zonnegevel naar diverse media verzonden hetgeen op diverse plekken is overgenomen.

Lokaal podium voor startups. In Nijmegen hebben we een poster bij 'pophub' opgehangen. Zie ook:

- <https://pophub.nl/soluxa/>

Solar Magazine heeft met drie artikelen veel aandacht aan het PV++ programma gegeven:

- <https://solarmagazine.nl/zoek-resultaten/?search=soluxa>

IntoNijmegen:

- <https://www.intonijmegen.com/blijf-op-de-hoogte/blogs/awardwinnaar-soluxa-kleurt-gevels-groen-met-gekleurde-zonnepanelen>

Sprout

- <https://mtsprout.nl/persbericht/soluxa-kleurt-gevels-groen-met-gekleurde-zonnepanelen>

TechGelderland

- <https://www.tech gelderland.nl/werken/zonne-energie-oogsten-met-gekleurde-gevelpanelen/>

SolarSolutions. In 2021 heeft Soluxa samen met Solinso op de SolarSolutions een voorbeeld laten zien van terracotta geïntegreerde oplossing voor daken.



Toepassing langs snelwegen. Verder is Soluxa in de media gekomen voor toepassing van gekleurde panelen langs snelwegen. Dit is niet direct aan het PV++ gerelateerd, maar wel aan gekleurde zonnepanelen.

- <https://www.gld.nl/nieuws/7343543/kilometerslang-zonnelint-langs-a12-edel-wil-het>
- <https://www.xon.nu/11171-kilometerslang-zonnelint-langs-a12-edel-wil-het>
- <https://www.youtube.com/watch?v=3Gb7v3g4mcs>

2.2 Publiciteit vanuit de Radboud Universiteit

Vanuit de Radboud Universiteit is op de volgende manieren aandacht aan het project gegeven:

- <https://www.ru.nl/uvb/nieuws/vm/pilot-gekleurde-zonnepanelen-gevel-huygensgebouw/>
- <https://www.ru.nl/imm/news-events/news/@1328044/jan-terlouw-innovation-ambition-prize-2021-for-imm/>
- https://jaarverslag.ru.nl/FbContent.ashx/pub_1001/downloads/v220506123019/Jaarverslag_2021_def.pdf#page=63

3 Conclusie

PV++ was een ambitieus project met een groot aantal innovatieve doelstellingen. We hebben aangetoond dat de Vibrant technologie het mogelijk maakt om gekleurde zonnepanelen met een hoog rendement te maken. Een zo groot mogelijk deel van de zonne-energie wordt omgezet in elektriciteit en een klein deel van het zonnenspectrum wordt gereflecteerd waardoor het paneel een kleur heeft. Daarnaast hebben we een productiemethode ontwikkeld waarmee de Vibrant coating voldoende homogeen aangebracht kan worden op zonnepanelen. Als vervolg op PV++ zal de technologie verder ontwikkeld worden. Op korte termijn komen terracotta panelen beschikbaar voor toepassing op schuine daken. Verder worden er enkele demonstraties voor grotere zonnegevels uitgewerkt.

We zijn dankbaar voor het vertrouwen dat RVO in het consortium gesteld heeft.