



Inventarisatie esthetische inpassing zonnepanelen

*Een onderzoek naar mogelijkheden en belemmeringen
voor esthetische inpassing van zonnepanelen in de
bestaande bouw*

Inventarisatie esthetische inpassing zonnepanelen

Een onderzoek naar mogelijkheden en belemmeringen voor esthetische inpassing van zonnecelpanelen in de bestaande bouw

Opdrachtgever

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Postbus 965
6040 AZ Roermond

Contactpersoon: Nynke Hermelink
E nynke.hermelink@rvo.nl

Opdrachtnemer

W/E adviseurs
Arthur van Schendel straat 650
3511 MJ Utrecht

Contactpersoon: Erik Alsema
T 030 - 677 8777
E alsema@w-e.nl

Projectnummer

W/E 8755

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Klankbordgroep	4
3	Omschrijving van doelgroepen	5
4	Interviews	6
4.1	Particuliere woning eigenaren	6
4.2	Woningcorporaties	7
4.3	Intermediair - Collectieve inkoop	7
4.4	Intermediair –Technisch adviseur	7
4.5	Installateurs	8
4.6	Overheid	9
5	Technische belemmeringen	10
6	Inventarisatie Producten	13
6.1	Inleiding	13
6.2	Zonnepanelen	13
6.3	Bevestigingssystemen, randafwerkingen en dakdoorvoeren	18
6.4	Omvormers en andere elektrische componenten	20
7	Advies aan consumenten	22
8	Adviezen voor installateurs en technisch adviseurs	24
9	Conclusies	25
10	Bronnen	26
11	Bijlagen	27
11.1	Bijlage 1: Lijst van geïnterviewden	27
11.2	Bijlage 2: Bron van foto's en figuren	27

1 Inleiding

De aandacht voor zonnepanelen groeit. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) en de Federatie Ruimtelijke Kwaliteit (FRK) vinden het in het algemeen belang dat aangeschafte panelen passen in de leefomgeving en bijdragen aan de ruimtelijke kwaliteit en zo meer positieve aandacht genereren. Vanuit de FRK leeft de zorg dat er soms te weinig aandacht is “voor het belang van schoonheid bij het realiseren van duurzaamheid”^a. Verder komt uit een onderzoek van Milieucentraal^b onder consumenten naar mogelijke drempels bij de aanschaf van zonnepanelen naar voren dat 8% van de respondenten het feit dat ze zonnepanelen lelijk vinden als reden geeft om geen zonnepanelen te kopen.

Het streven is daarom om geïnteresseerden in zonnepanelen bewust te maken van esthetische opties en hen te stimuleren hiervoor te kiezen. Daarvoor is nodig dat potentiële aanschaffers op de hoogte zijn van de op de markt zijnde of komende esthetische mogelijkheden.

Dit onderzoek was daarom gericht op een inventarisatie van nieuwe en bestaande esthetische zonnepanelen en/of oplossingen ten behoeve van de bestaande bouw. Deze inventarisatie zal worden uitgewerkt in een makkelijk leesbaar overzicht als basis voor voorlichtingsmateriaal voor te onderscheiden doelgroepen.

De aanpak van het onderzoek was als volgt:

1. Overleg Klankbordgroep
2. Inventarisatie doelgroepen
3. Interviews doelgroepen
4. Analyse van technische knelpunten
5. Beschrijving van oplossingen en relevante producten op de markt

We zullen in dit rapport de bevindingen over onderdelen 1 t/m 5 achtereenvolgens behandelen.

^a Zie. http://www.ruimtelijkekwaliteit.nl/federatie_ruimtelijke_kwaliteit/Projecten/zonnepanelen

^b Mariken Stolk, Huishoudens over zonnepanelen - Bezit, intentie tot aankoop, mogelijke drempels en informatiebehoefte, MilieuCentraal, Utrecht, mei 2014.

2 Klankbordgroep

Voor aansturing van dit onderzoek is een klankbordgroep samengesteld bestaande uit belanghebbenden en experts. Op 5 november 2014 kwam de Klankbordgroep eenmalig bij elkaar.

Deelnemers waren:

- Nynke Hermelink (RVO.nl)
- Flip ten Cate (Fed. Ruimtelijke Kwaliteit, FRK)
- Ernst van Tongeren (Holland Solar)
- Frans van den Meiracker (architect, oud-directeur van welstandsorganisatie)
- Remco de Graaff (Zonnestroom Producenten Vereniging)
- Eppe Luken (ECN, afmelding)
- Jessane Mastop (ECN, plv. Eppe Luken)
- Sacha Sylvester (TU Delft- Industrieel Ontwerp, afmelding)
- Theo Elfrink (Ver. Eigen Huis, afmelding)
- Erik Alsema (W/E adviseurs)

In de discussie tijdens deze bijeenkomst werd geconstateerd dat we vooral een handelingsperspectief willen bieden voor gebouweigenaren die **nu** een PV installatie willen laten plaatsen, dus nog te ontwikkelen lange termijn oplossingen in de vorm van zonnecelfolies of -verf worden niet expliciet meegenomen. Wel kan het nuttig zijn om te kijken welke product-innovaties, m.n. voor de installatietechniek, wenselijk zijn om betere inpassing van panelen mogelijk te maken. Ook is belangrijk om vast stellen dat we ons richten op inpassing op **bestaande** daken. De hoeveelheid nieuwbouw zal de komende jaren betrekkelijk gering zijn, het voornaamste potentieel voor installatie van PV zal liggen in de bestaande bouw. Ook is er bij nieuwbouw veel meer ontwerpvrijheid, zodat esthetische inpassing makkelijker gerealiseerd kan worden.

Belangrijkste doelgroepen voor de communicatie zullen daarom zijn:

1. eigenaren van gebouwen (eigenaar-bewoners en verhuurders, inclusief woningcorporaties)
2. installateurs en technisch adviseurs
3. ambtenaren die adviseren over welstand of gemeentelijk milieubeleid uitvoeren

Voor de communicatie naar particulieren lijken MilieuCentraal, evenals Ver. Eigen Huis, bij uitstek geschikt. MC heeft ook aangegeven het onderwerp interessant te vinden en zal op de hoogte worden gehouden van de voortgang en resultaten. Ook VEH heeft belangstelling.

Voor de communicatie naar de installatiebranche zal Holland Solar een belangrijke rol spelen.

E-Decentraal/ODE kan interessant zijn voor de communicatie over resultaten van het project.

3 Omschrijving van doelgroepen

Bij de aanvang van het project is geconstateerd dat de volgende doelgroepen relevant zijn, als we spreken over beslissingen t.a.v. installatie van zonnepanelen:

1. Eigenaars/Vereniging van Eigenaren (VvE)
2. Huurders/Corporaties
3. Installateurs / Leveranciers
4. Intermediairs (Technisch Adviseurs / inkoopcollectieven)
5. Overheden
6. Architecten

Bovenstaande doelgroepen zijn daarom benaderd voor de interviews.

Opgemerkt kan worden dat voor het gros van de zonne-energie installaties op bestaande daken geen bouwvergunning nodig zal zijn en er dus geen directe betrokkenheid is van de overheid. Hooguit kan de gemeente een voorlichtende rol spelen. Ook zal bij het gros van de projecten op bestaande daken geen architect betrokken zijn, deze zullen alleen worden ingeschakeld bij grotere renovatieprojecten.

In de discussie met de Klankbordgroep werd daarom geconstateerd dat de belangrijkste doelgroepen voor de *communicatie* daarom zijn:

1. eigenaren van gebouwen
2. installateurs en technisch adviseurs
3. ambtenaren die adviseren over welstand of gemeentelijk milieubeleid uitvoeren

4 Interviews

Op basis van een vooraf samengestelde vragenlijst (bijlage 3) zijn interviews gehouden met een aantal representanten van de belangrijkste doelgroepen:

Doelgroep	Aantal
Particuliere woningeigenaren	3x
VVE*	1x
woningcorporaties	2x
Installateurs	4x
Intermediar: Technisch adviseur / Collectieve inkoop	2x
Gemeente/Omgevingsdienst	2x

* Geïnterviewde was tevens architect

Er zijn verder geen architecten benaderd, één geïnterviewde was woningeigenaar én architect, in de Klankbordgroep was daarnaast ook een architect vertegenwoordigd.

Bijlage 2 geeft een lijst met geïnterviewde personen.

Op basis van deze interviews komt het volgende beeld naar voren.

4.1 Particuliere woning eigenaren

We hebben uit deze groep vooral mensen bevroegd die zich aan het oriënteren waren op aanschaf van een systeem of die dit kort geleden aangeschaft hadden. Belangrijkste drijfveer voor deze groep is het installeren van systeem tegen een redelijke prijs en goede technische kwaliteit. Meestal wordt vooraf niet heel veel nagedacht over het uiterlijk c.q. de esthetische inpassing. Ook is er vaak de wens om zoveel mogelijk dakvlak te beleggen met panelen. De kosten/baten verhouding is een belangrijke overweging.

In bepaalde buurten, bijv. met jaren '30 woningen, blijkt plaatsing van ZE installaties gevoelig te kunnen liggen, vanwege het uiterlijk.

Sommige geïnterviewden vinden zonne-energie installaties wel mooi, ook als het zichtbaar op hellende daken ligt. Esthetiek speelt voor hen geen rol.

Het verplaatsen van pijpjes of dakramen wordt meestal niet overwogen.

Informatie krijgt men het liefst via een technisch adviseur die ter plaatse opname doet of via organisatie voor collectieve inkoop/bemiddeling (VEH, lokale energicoöperatie). Ook aanbiedingen rechtstreeks van een groot bedrijf worden vertrouwd.

Eén van de geïnterviewden, woningeigenaar (VvE) en architect, vindt esthetische inpassing "een belangrijk aspect waar meer aandacht voor zou moeten zijn". "Gemeenten zouden zich hier meer mee kunnen bemoeien", echter "zonder bureaucratische vergunningstrajecten op te tuigen". Geïntegreerde oplossingen zoals van Unidek vormen volgens geïnterviewde de toekomst. Goede voorbeelden zijn te zien in Duitsland en Oostenrijk, maar ook in Stad van de Zon (Heerhugowaard). Informatievoorziening met goede voorbeelden is van groot belang, bijv. één voorbeeldwoning per gemeente.

4.2 Woningcorporaties

Bij woningcorporaties is vooral ervaring met systemen op meergezinswoningen, maar men staat aan de “vooravond van uitrol over eengezinswoningen”. Esthetica is tot dusverre wel een aandachtspunt, maar geen breekpunt. Vooral voor jaren '30 wijken kan plaatsing van zonnepanelen minder fraai ogen en zou het straatbeeld eronder kunnen gaan lijden.

Een corporatie streeft er altijd naar om zoveel mogelijk huurders mee te krijgen, bijkomend effect daarvan kan zijn dat het straatbeeld uniform blijft. Vanwege de efficiencyvoordelen hoeft een mooie oplossing daarom ook niet meer te kosten.

Als huurders zelf een installatie willen aanbrengen, dan kan dit (via regeling voor Zelf Aangebrachte Voorziening, ZAV-regeling), de corporatie geeft dan wel bepaalde richtlijnen mee over plaatsing over afstand tot dakgoot, enz. Hier wordt echter weinig gebruik van gemaakt.

Technische belemmeringen komt men vooral tegen in de vooroorlogse voorraad. Dit bezit kenmerkt zich door kleine daken, knikdaken, dakkapellen, schoorstenen, en meer van dergelijke lastige obstakels. De naoorlogse voorraad is in dat opzicht een stuk makkelijker.

Leveranciers zouden deze uitdaging moeten oppakken. Als corporaties gaat men het liefste in zee met één partij. Esthetica zou ook meegenomen kunnen worden

Informatievoorziening ziet men het liefst via leverancier of via AEDES-zonnewijzer.

4.3 Intermediair - Collectieve inkoop

Bij Vereniging Eigen huis verzorgt men collectieve inkoop van zonne-energiesystemen. Daarbij gaat men het liefst uit van één standaard pakket. Optimizers of micro-omvormers (zie H5) maken daar geen deel van uit. Wel heeft men geconstateerd dat in afgelopen actie de meerderheid van klanten koos voor “all black” panelen.

Volgens geïnterviewde ligt de voornaamste oorzaak van niet-esthetische oplossingen erin dat mensen hun dak maximaal willen volleggen. Bij VEH raadt men mensen af om panelen te plaatsen op schaduwplekken, dan liever enkele panelen minder. Dak-geïntegreerde oplossingen hebben volgens VEH als nadeel dat de opbrengst minder wordt (door verminderde ventilatie en dus hogere temperatuur van panelen).

Geïnterviewde ontvangt graag informatie over innovatieve producten of leveranciers van goede dakinpassing. Er bestaat de mogelijkheid dat men dit aspect zal meenemen bij gesprekken met aanbieders ter voorbereiding van de volgende inkoopronde. Ook publiciteit over het onderwerp, via website of ledenblad, is mogelijk indien er concrete voorbeelden of andere aanleiding is.

4.4 Intermediair –Technisch adviseur

Geïnterviewde meent dat er drie belangrijke redenen zijn waarom er geen esthetische oplossingen worden gekozen:

1. de partijen in de markt die installatie uitvoeren zijn vooral elektrotechnisch installateurs waarbij bouwkundige kennis en inzicht ontbreekt
2. PV is een koopjes markt, panelen worden daarom in bulk gekocht in China, geen maatwerkoplossingen. Voor “nette” panelen ben je aangewezen op Europese of US producenten die duurder zijn
3. PV is vaak een sluitpost bij het ontwerp van het gebouw (nieuwbouw), die op laatste moment wordt toegevoegd of zelfs achteraf om EPC score te halen. Daardoor is er weinig aandacht voor integratie

Belemmeringen:

- weinig keus in panelen, geen oplossingen voor dakrand of doorvoer, weinig panelen in dakpanvorm
- oplossingen die er mogelijk zijn, zijn nauwelijks bekend bij consument
- ontwerp behoeft geen toestemming van welstand
- belemmering van schaduw wordt overdreven, met juiste elektrische schakeling of micro-omvormers valt dat erg mee

Oplossingen:

- toon goede voorbeelden
- er moeten aanbiedende partijen komen die:
 - meer variatie bieden in producten
 - Compleet ontwerp maken met aandacht voor bouwkundige details
 - Bouwkundige kennis in huis hebben of kunnen inwinnen
 - Liefst aannemer “nieuwe stijl” die totaalpakket biedt, inclusief ontwerp, installatie, aanmelding, onderhoud, monitoring, etc.

Informatiekanalen:

- informatie richting consument kan het beste via internet, met gebruik goede voorbeelden
- informatie via energiebedrijven
- informatie richting installateurs: via Uneto-VNI, opleiding/certificering

4.5 Installateurs

Installateurs merken op dat de markt van zonnepanelen sterk prijs-gedreven is: er zijn veel aanbieders, en klanten hebben de neiging om voor de laagste prijs te kiezen. Tegelijkertijd wordt ook wel opgemerkt dat de keuze steeds meer valt op z.g. “all black” panelen, panelen met zwarte cellen en zwart frame. De prijs van dit type panelen is de laatste tijd dicht in de buurt van standaard blauwe panelen komen te liggen. De keuze voor “all black” wordt vooral door esthetische overwegingen ingegeven.

Installateurs geven zelf aan dat ze altijd veel aandacht besteden aan het legschema: een “legpuzzelschema” wordt niet aangeboden tenzij de klant erom vraagt. Ook leggen ze bij voorkeur alle panelen in één enkele oriëntatie. Vanwege de kosten wordt nooit of zeer zelden gewerkt met dummy panelen, ook worden er geen speciale oplossingen aangeboden voor dakdoorvoeren. In zulke gevallen laat men meestal een paneel weg, ook om schaduwvorming te voorkomen.

Eén bedrijf heeft wel een installatie aangelegd met gebruikmaking van pastukken voor de randafwerking, maar dat was omdat welstand speciale eisen stelde aan de aanblik van het dak. De meeste installateurs bieden zulke pastukken niet actief aan omdat ze betrekkelijk duur zijn (en geen opbrengst genereren).

Sommige installateurs werken wel met micro-omvormers of decentrale optimizers om effecten van schaduwwerking te verminderen, maar deze oplossingen worden door geïnterviewde installateurs vanwege de hogere initiële kosten meestal niet standaard aangeboden, m.a.w. de installatie met één centrale omvormer is nog dominant in de markt.

Wel ziet men onder een deel van de klanten de bereidheid om een hogere prijs te betalen voor een esthetische oplossing, m.n. voor zwarte panelen.

Grottere installateurs hebben speciale software om een legschema te ontwerpen, meestal op basis van een luchtfoto. Kleinere installateurs geven aan dat ze zo’n tool nog missen en het ontwerp handmatig maken.

Onder de geïnterviewde installateurs bestaat weinig expliciete behoefte aan nieuwe producten voor dak-inpassing.

Er zijn daarnaast ook installatiebedrijfjes die integrale oplossingen bieden als vervanging van bestaande dakpannen^c. Hierbij past men standaard panelen toe die worden gemonteerd met een speciale waterdichting. Tevens biedt men dummy panelen voor randafwerkingen en t.b.v. dakdoorvoeren. Dit soort oplossingen is echter tot nu toe nog niet breed toegepast, het ontbreekt aan zichtbaarheid in de markt en de prijs is hoger dan zonder dummy's.

Informatie over nieuwe producten ontvangen installateurs het liefst via beurzen en vakbladen.

4.6 Overheid

Er zijn twee personen geïnterviewd: één persoon werkzaam bij een Omgevingsdienst en één persoon bij de afdeling Vergunning, Team Welstand in een grote gemeente.

Ook hier wordt opgemerkt dat plaatsing op daken in vooroorlogse wijken “de gemoederen soms hoog oplopen”. Men is van mening dat de markt dit onderwerp zou moeten oppakken omdat de overheid minder regels wil opleggen. Informatievoorziening vanuit een onafhankelijke partij wordt belangrijk geacht, bijv. Rijksoverheid, maar eventueel ook vanuit branchekoepel (Uneto-VNI, Bouwend Nederland), MilieuCentraal of VEH.

Vanuit de gemeentelijke welstand worden alleen projecten beoordeeld waarvoor een bouwvergunning wordt aangevraagd. In de meeste gevallen betreft dit platte daken waar de panelen niet zo in het zicht liggen. Er wordt in zulke gevallen geadviseerd /beoordeeld op de ordening en op de afstand tot de dakrand. In het geval van een beschermd stadsgezicht zijn er wel richtlijnen voor de plaatsing van zonnepanelen, bijvoorbeeld wordt dan aanbevolen om de panelen alleen aan de achterzijde van het gebouw toe te passen. De welstand zal in gesprek met de aanvrager proberen de plannen dusdanig te laten bijstellen dat er een positief oordeel mogelijk wordt. Een set goede voorbeelden zou wel handig zijn bij dit soort adviestrajecten. Wanneer de richtlijnen voor welstand niet voldoende nageleefd worden, kan de afdeling welstand negatief adviseren. Dit komt tot nu toe zelden voor. Bij negatief welstandsadvies over een bouwplan met een zonne-energie-installatie maakt uiteindelijk het stadsbestuur de afweging tussen milieubelang en welstandsbelang. Deze beslissing kan alsnog positief uitvallen voor het bouwplan met zonne-energie.

De afdeling welstand van een gemeente heeft geen direct mandaat, noch de middelen, om de burger actief te informeren over goede oplossingen voor plaatsing van zonnepanelen. Zulke installaties zijn ook vrijwel altijd vergunningsvrij. Voorlichting over bouwplannen richt zich vooral op de geldende regelgeving die de burger in acht moet nemen. Wellicht kan zulke advisering gekoppeld worden aan de voorlichting over duurzaam bouwen.

^c Bijvoorbeeld BeauSolar in Maastricht, www.beausolar.eu

5 Technische belemmeringen

Bij het bekijken van zonnepanelen op bestaande daken kan al snel een aantal technische belemmeringen worden geïdentificeerd die een esthetische inpassing bemoeilijken (zie *Figuur 1*). We concentreren ons hierbij eerst op belemmeringen bij **schuine daken**:

1. Standaard afmetingen van zonnepanelen:

De maatvoering van zonnepanelen is in hoge mate gestandaardiseerd. Gebruikelijke maten zijn 1,65 x1,00, hoewel er ook panelen zijn van 1,35x1,00 of 1,25 x1,00. Andere maten zijn moeilijk en vrijwel altijd tegen een meerprijs te verkrijgen.

Een gevolg hiervan is dat nette opvulling van een dakvlak vrijwel onmogelijk is, zeker als er ook nog obstakels zoals dakkapellen zijn.

2. Geen panelen met schuine zijkant:

Soms hebben daken een schuine zijkant. Zo'n schuine lijn kan niet gevolgd worden met standaard zonnepanelen. Het gevolg is een "rafelrand" van zonnepanelen (zie *Figuur 1, boven*).

3. Geen doorvoer mogelijk door zonnepaneel:

Om meerdere redenen is het monteren van een rookgasafvoer of andere afvoerpijp niet mogelijk ter plekke van een zonnepaneel. Zonnepanelen hebben meestal een afdekplaat van gehard glas waarin niet eenvoudig een gat gezaagd kan worden. Bovendien zou zo'n handeling meteen de elektrische karakteristiek van het paneel dramatisch aantasten. Zo'n paneel zal daarom niet elektrisch aangesloten mogen worden en levert dus niets op.

4. Randen van daken worden vrijgehouden:

Om het loswerken van panelen door windbelasting te voorkomen, worden panelen meestal niet tot aan de zijrand of de nok van het dak gelegd. Ook blijft men op enige afstand boven de dakgoot om een goede opvang van regenwater te verzekeren. Gevolg is dat het onderliggende pannendak zichtbaar blijft.

5. Montage van zonnepanelen in het dakvlak is minder eenvoudig dan montage bovenop het bestaande (pannen)dak

Hoewel er systemen bestaan voor installatie van zonnepanelen in het bestaande dakvlak wordt deze oplossing niet vaak gekozen. Redenen hiervoor zijn waarschijnlijk de hogere prijs en het risico op lekkage.

6. Uitstekende obstakels in het dak

Als er zich in het dak een obstakel bevindt, zoals een dakkapel of een doorvoerpijp heeft dit meteen consequenties voor het legplan. Niet alleen omdat er geen paneel gelegd kan worden maar ook omdat men liever geen panelen in de schaduw van het obstakel legt.

7. Dakramen

Ter plekke van een dakraam wil de woningeigenaar liever geen zonnepaneel omdat dit geen licht doorlaat.

8. Schaduwvorming door omliggende objecten

Bomen, schoorstenen en omliggende gebouwen kunnen voor een deel van de tijd flinke schaduwen werpen op het dakvlak met panelen. Wanneer de zonnepanelen in serie geschakeld zijn ("string"-schakeling), zal een schaduw op (een deel van) een individueel zonnepaneel een forse reductie in de opbrengst voor de hele string van panelen veroorzaken. Hierdoor kan de jaarlijkse energieopbrengst van het gehele zonne-energiesysteem sterk verslechteren.

Om dit effect te voorkomen wordt meestal afgezien van plaatsing van panelen op plaatsen die vaak in de schaduw zullen liggen, met als gevolg een onderbreking in het legpatroon van de panelen.



Figuur 1: Voorbeelden van inpassing van zonnepanelen op een bestaand schuin dak, waarbij de invloed van diverse belemmeringen in het dak zichtbaar wordt (foto's Flip ten Cate, Thijs Kurstjens).

In geval van **platte daken en gevels** kunnen de bovengenoemde belemmeringen ook een rol spelen, behalve punt 2 en 5. Omdat zonnepanelen op **platte daken** vanaf de openbare weg minder in het zicht liggen, speelt esthetiek hier een minder belangrijke rol. Wel kan het uitzicht vanuit omliggende woningen minder aantrekkelijk worden, maar om te beginnen zijn platte daken van bovenaf gezien meestal al niet zo fraai.

Bij platte daken kan men kiezen voor zg. "landscape" opstelling of "oost-west" opstelling (Figuur 2). In Landscape opstelling vormt de benodigde afstand tussen rijen panelen (in verband met onderlinge beschaduwing) niet alleen een beperking voor het aantal op te stellen panelen, maar ook een belemmering voor esthetische inpassing. Een betere oplossing kan dan de "oost-west" opstelling zijn, zeker omdat de opbrengstreductie van de laatste variant zeer beperkt is (<5%).



Figuur 2: Zonnepanelen op plat dak in "landscape" opstelling (links) en in "oost-west" opstelling (rechts).

Bij **gevels** is esthetiek juist wel van grote invloed omdat de panelen vrijwel altijd in het zicht zullen liggen (Figuur 3). Een montageplan dat rekening houdt met bestaande ramen, deuren en balkons

wordt bemoeilijkt door de standaard maatvoering van zonnepanelen. Schaduwworming van omliggende gebouwen is hier ook een belangrijk aandachtspunt.



Figuur 3: Voorbeeld van zonnepanelen gemonteerd op een gevel (foto: Dirk van Baalen)

We zullen in het volgende hoofdstuk een inventarisatie maken van beschikbare producten en nagaan in hoeverre hiermee de genoemde belemmeringen ondervangen kunnen worden

6 Inventarisatie Producten

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk geven we de resultaten weer van een inventarisatie naar Zon-PV producten die voor de consument beschikbaar zijn en die een esthetische inpassing van zonnepanelen gemakkelijker maken, met name op bestaande daken. We nemen dus geen producten mee die nog in ontwikkeling zijn. Evenmin bespreken we zon-thermische toepassingen^d

We hebben daarbij gebruik gemaakt van de volgende bronnen:

- interviews met installateurs en andere belanghebbenden
- SEAC, [BIPV REPORT 2013 - State of the art in Building Integrated Photovoltaics](#): October 2013
- [AgentschapNL - 2010 - Gebouwintegratie zonnestroomsystemen \(0402 1145 SBIR Regeling 9\)](#)
- Informatie van Holland Solar en SMZ (St. Monitoring Zonnestroom)
- Resultaten van Europese en IEA projecten op het gebied van BIPV
- Presentaties van de 29^e Europese zonnecel conferentie
- Informatie over producten op de Duitse en Belgische markt (via internet)

We delen het overzicht in naar 3 typen componenten:

1. Panelen
2. Bevestigingssystemen, randafwerkingen en dakdoorvoeren
3. Elektrische omvormers

6.2 Zonnecelpanelen

Er is een 5-tal soorten zonnecelpanelen te onderscheiden:

- a) kristallijn silicium panelen
- b) dunne laag panelen
- c) dakpannen met zonnecellen
- d) zonnecelfolies
- e) doorzichtpanelen

Kristallijn silicium panelen zijn het meest verkochte type panelen en vormen momenteel ca. 90% van de markt [ref. 1]. Deze panelen komen meestal in een maat van 1,65 x1,00 m of 135x1,00 m^e. De kleurstelling is blauw (multikristallijn) of zwart (monokristallijn). Het frame is metaalkleurig of zwart aluminium (Figuur 4). Wanneer de panelen zijn voorzien van zwarte cellen en zwarte frames spreekt men van “all-black” panelen. Bij panelen op basis van kristallijn silicium blijven de individuele zonnecellen (40-60 st) en de zilverkleurige contactlijnen aan de voorzijde altijd zichtbaar.

Bij dunne-laag panelen is het vooraanzicht bijna uniform zwart of bruinachtig (Figuur 5). Van dichtbij zijn bij dit type paneel smalle stroken zichtbaar van de individuele cellen. Maar op enige afstand is dit niet meer te zien zodat een uniform zwart uiterlijk resulteert.

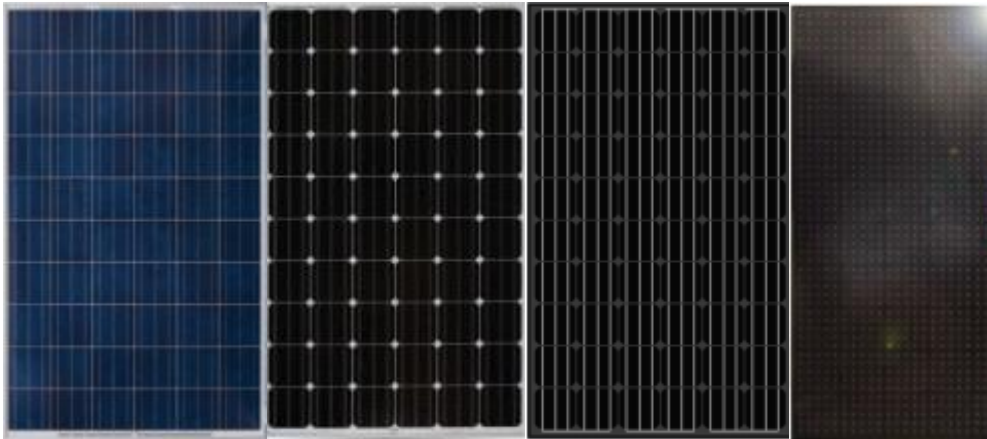
Belangrijk is wel om te bedenken dat het rendement van dunne-laag panelen een stukje lager ligt dan voor kristallijn silicium: waar kristallijn silicium panelen over het algemeen een piekvermogen

^d Overigens zijn er wel leveranciers die die zon-thermische panelen leveren met eenzelfde uiterlijk als hun zonnecelpanelen zodat een uniforme dakbedekking mogelijk is met zowel thermische als elektrische panelen.

^e Het zou uit oogpunt van esthetiek ook interessant zijn als panelen met lengte: breedte verhouding van 2:1 beschikbaar zouden komen, omdat dit de combinatie van landscape en portrait plaatsing van panelen op meer esthetische wijze zou vereenvoudigen.

van $150 \text{ W}_p/\text{m}^2$ tot maximaal $200 \text{ W}_p/\text{m}^2$ hebben (d.w.z. rendement = 15-20%), geldt voor dunne-laag panelen een piekvermogen van $130\text{-}140 \text{ W}_p/\text{m}^2$. Zeker als het beschikbaar dakoppervlak een beperkende factor vormt, kan dit een belangrijke afweging zijn^f.

Dunne-laag panelen komen meestal in iets kleinere maatvoering bijvoorbeeld $1,25 \times 1,00 \text{ m}$ of $1,20 \times 0,60$. Dit type panelen worden ook wel als glas-glas laminaat zonder frame aangeboden. Overigens worden panelen op basis van CdTe vrijwel uitsluitend in grotere veldopstellingen toegepast en bij ons weten niet op gebouwen^g. Voorbeelden van daken met all-black panelen zijn te zien in Figuur 6. Het Nederlandse bedrijf Exasun heeft onlangs all-black panelen geïntroduceerd die geen frame hebben. Omdat hierin cellen op basis van back contact technologie worden toegepast, zijn er aan de voorzijde ook geen metaalkleurige lijnen van de contacten zichtbaar. Dit verhoogt mogelijk de esthetische waardering van de panelen.



Figuur 4: Kristallijn silicium panelen in een viertal uitvoeringen, van links naar rechts: multikristallijn blauw, monokristallijn zwart met metaalkleurig frame, monokristallijn "all-black" met frame, frameless all black paneel met back contact cellen.

Overigens kunnen zonnepanelen ook wel in afwijkende maatvoering of in andere kleurstelling geleverd worden. Een aantal voorbeelden wordt in Figuur 7 weergegeven. Er bestaan zelfs zonnepanelen in houtkleur (Figuur 8). Opgemerkt moet worden dat afwijkende kleuren meestal een lager omzettingsrendement opleveren, voor de gekleurde panelen van Figuur 7 is het rendement ca. 6% lager (d.w.z. 250 W_p per paneel i.p.v. 265 W_p). Daarnaast zal voor afwijkende maten, vormen en kleuren vrijwel altijd een meerprijs gelden.

^f Claims dat dunne-laag panelen een hogere jaarlijkse opbrengst in kWh per kW_p hebben, zijn vooralsnog niet voldoende bewezen in onafhankelijke metingen [Ref 2].

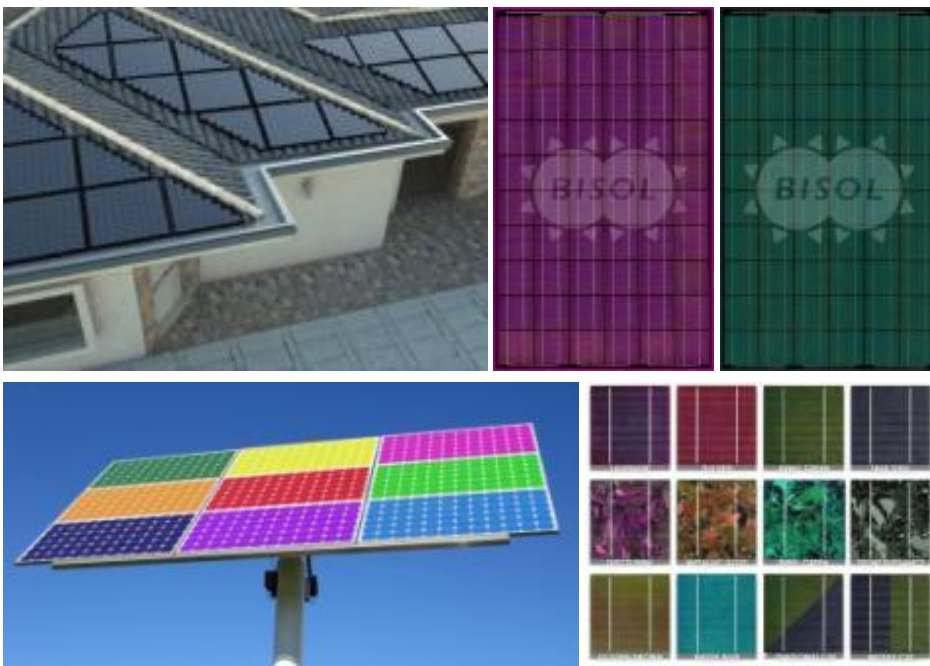
^g Dit is waarschijnlijk een bewuste marketingstrategie van het betreffende bedrijf vanwege de aanwezigheid van een geringe hoeveelheid cadmium component in dit type panelen.



Figuur 5: Voorbeelden van dunne-laag zonnepanelen .Rechts een detailfoto van een dunne-laag paneel.



Figuur 6: Voorbeelden van daken met zg. "all black" panelen, in de uitvoering op basis van kristallijn silicium (links) of dunne-laag CIGS zonnecellen (rechts).



Figuur 7: Afwijkende vormen en kleuren voor silicium panelen



Figuur 8: Zonnepanelen in houtkleur

Naast de gebruikelijke panelen in rechthoekige vorm op basis van een laminaat met glas afdekking, zijn er ook producten waarbij de zonnecellen zijn uitgevoerd in een **dakpanvorm** of in een vorm die qua maatvoering goed aansluit op gewone dakpannen. Hierbij kan het zonnepaneel de maat van één enkele dakpan beslaan of meerdere dakpannen op een rij omvatten.

In de Nederlandse markt heeft dit type panelen nog weinig toepassing gevonden, waarschijnlijk vanwege de meerkosten ten opzichte van de gewone zonnepanelen. Voor de oplossing waarbij de panelen vrij kleine afmetingen hebben om aan te sluiten bij dakpanmaten, kan ook als bezwaar worden gezien het grotere aantal elektrische aansluitingen. Dit verhoogt niet alleen de installatiekosten maar ook de kwetsbaarheid voor interconnectieproblemen. In dit marktsegment zijn onder meer de bedrijven Monier, Kingston en Solar Century actief.



Figuur 9: Voorbeelden van zonnepanelen in een maatvoering en/of vorm die goed aansluit bij traditionele dakpannen.

Een ander alternatief voor de gebruikelijke rechthoekige zonnepanelen zijn **zonnecelfolies** (Figuur 10). In het verleden heeft een aantal fabrikanten vrij succesvol deze folies aan de man gebracht. Met name het lage gewicht en de vrij eenvoudige wijze van aanbrengen werd gezien als een belangrijk voordeel van zonnecelfolies. Door deze eigenschappen waren de folies vooral interessant voor daken van grotere bedrijfshallen die meestal niet zo'n groot draagvermogen hebben. Nadeel was echter het betrekkelijk lage rendement in de orde van 6-8%, waardoor het product minder interessant kan zijn voor woningen met een beperkt dakoppervlak. Er zijn op dit moment weinig leveranciers actief in dit marktsegment maar één daarvan is het Nederlandse HyET Solar dat zonnecellen op een kunststof folie produceert. Dit zonnecelfolie wordt geleverd in lange banen met een maat van 600 x 32 cm en een gewicht van slechts 0,7 kg per m². Het vermogen van de HyET zonnecelfolie ligt rond de 90 W_p per m². Een andere leverancier van zonnecelfolies is het installatiebedrijf Green Power Systems, maar van hun product zijn ons geen specificaties bekend. Het lijkt waarschijnlijk dat in de toekomst weer meer van dit soort zonnecelproducten beschikbaar zullen komen.



Figuur 10: Voorbeelden van zonnecelfolies

Doorzichtpanelen worden vaak toegepast op plaatsen waar men ook nog lichtdoorval wil, bijvoorbeeld in het dak van een serre of hal. Doorzichtpanelen kunnen uitgevoerd zijn met kristallijne cellen met onderlinge tussenruimtes of in de vorm van dunne-laag zonnecellen die in blokjes opgebracht zijn of die uniform transparant zijn over het gehele paneel oppervlak (Figuur 11: Voorbeelden van doorzicht- of semitransparante zonnepanelen, op basis van kristallijn silicium (boven) of dunne- laag cellen (onder).Figuur 11). Het resulterend lichteffect is natuurlijk verschillend. De opbrengst van een doorzichtpaneel zal altijd aanzienlijk lager zijn dan bij een paneel dat alle licht invangt en meestal zullen ook de kosten hoger zijn omdat het toch om specialty producten gaat.



Figuur 11: Voorbeelden van doorzicht- of semitransparante zonnepanelen, op basis van kristallijn silicium (boven) of dunne-laag cellen (onder).

6.3 Bevestigingssystemen, randafwerkingen en dakdoorvoeren

We concentreren ons hier op systemen voor plaatsing van panelen op een schuin (pannen)dak, omdat dit het meest problematisch is uit esthetisch oogpunt. Voor de plaatsing van zonnepanelen op een schuin pannendak zijn ruwweg drie mogelijkheden te onderscheiden:

1. integrale dakoplossingen, waarbij een geheel nieuwe dakafwerking, met zonnepanelen, wordt geplaatst ter vervanging van de oude dakbedekking;
2. in-dak montage waarbij de panelen in hetzelfde vlak als de dakpannen worden bevestigd en dus een deel van de dakpannen overbodig wordt;
3. op-dak montage waarbij de panelen worden bevestigd boven het bestaande pannendak, dat volledig gehandhaafd blijft.

De laatste oplossing wordt momenteel verreweg het vaakste toegepast voor bestaande daken bij particulieren omdat het eenvoudig te installeren is, en daardoor goedkoop. Bovendien geeft het weinig risico op lekkages.



Figuur 12: Drie typen van dakmontage voor zonnepanelen: integraal dakproduct (links), in-dak (midden) en op-dak montage(rechts).

Vanuit het oogpunt van een duurzame energiehuishouding zijn de **integrale dakoplossingen** het meest te prefereren omdat hierbij ook een optimaal isolatiepakket kan worden gerealiseerd. Wanneer het bestaande dak betrekkelijk oud is, kan een dergelijke oplossing aantrekkelijk zijn, hoewel het natuurlijk een forse ingreep met betrekkelijk hoge investeringskosten blijft.

Een complete vervanging van het oude dak biedt een aantal voordelen:

- een goed isolerende dak met hoge isolatiewaarde en goede kierdichtheid;
- een mooie inpassing van zonnepanelen en eventueel ook zon-thermische collector in gelijke maatvoering en afwerking;
- geen randen waar oude dakpannen in het zicht liggen.

Een nadeel kan zijn dat de ventilatie van panelen aan de onderzijde minder goed is waardoor de temperatuurverliezen toenemen^h. Een ander probleem kan de grotere dikte van het dak zijn waardoor diverse aansluitdetails aangepast moeten worden. Vooral bij rijwoningen kan dit een bezwaar vormen.

Tot voor kort werd dit soort integrale oplossing nog nauwelijks aangeboden voor de markt van woningrenovatie, maar alleen op de agrarische markt (o.m. vervanging asbestdaken). In het kader van de Stroomversnelling bestaande bouw is wel een aantal van dit soort oplossingen ontwikkeld en toegepast. Zo heeft leverancier Unidek sinds het najaar van 2014 het product SCX SoloroofTM, dat de functies zon-PV, zon-thermisch en isolatie kan verenigen. Dummy-panelen in diverse maatvoeringen vormen ook deel van het leverprogramma (zie [hier](#) voor meer informatie). Daarnaast zijn er ook installatiebedrijven die integrale dakoplossingen met randafwerking aanbieden op basis van standaard zonnepanelen, zie bijv. [BeauSolar](#). Ook zijn er leveranciers die zich toeleggen op het vervaardigen van dummy-panelen voor hoek- of randafwerking (zie bijv. [hier](#)). Er is geen informatie voorhanden over de prijs van dit soort producten. Gezien de betrekkelijke nieuwheid van dit marktsegment zijn hier nog wel de nodige innovatie en prijsdaling te verwachten.

Bij **in-dak montage** wordt een deel van de dakpannen vervangen door zonnepanelen. Deze panelen kunnen hetzij in standaardmaten komen of in maatvoering die aansluit op conventionele dakpanmaten (zie vorige paragraaf). Waterdichte aansluitingen vormen hierbij een aandachtspunt. Waarschijnlijk vanwege het risico op lekkage vindt men in de praktijk nog maar betrekkelijk weinig voorbeelden van dit soort dakoplossingen. Leveranciers zijn onder meer Monier, SolarWatt en Solarcentury.

Er is geen informatie voorhanden over de prijs van in-dak montage producten. Eén van de leveranciers claimt dat hun in-dak product even duur is als een op-dak installatie. Omdat dit marktsegment al langere tijd bestaat, is hier minder vooruitzicht op innovatie en prijsdaling.

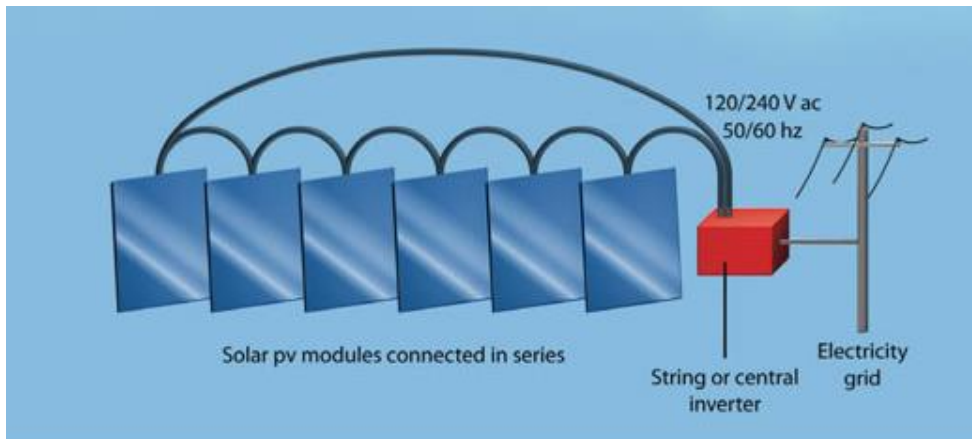
Op-dak montage van zonnepanelen vormt verreweg de meest gekozen oplossing bij bestaande particuliere woningen, vanwege de lage kosten, geringe risico's en eenvoudige installatiewijze. De panelen worden bevestigd op aluminium rails die bevestigd zijn aan het bestaande dakbeschoot. Bijkomend voordeel is dat een goede ventilatie en dus optimale energieopbrengst is verzekerd. Omdat het oude pannendak vrijwel altijd zichtbaar zal blijven biedt dit soort montage een minder uniforme aanblik. Door de bovengenoemde voordelen is te verwachten dat dit een zeer populair soort product zal blijven voor de markt van bestaande daken. Een streven naar methoden voor meer esthetische inpassing moet daarom nadrukkelijk aandacht geven aan dit marktsegment.

Omdat het marktsegment van op-dak montagesystemen al geruime tijd bestaat en reeds een groot aantal aanbieders kent, is hier niet zo veel vooruitzicht op verdere innovatie en prijsdaling. Als er voldoende vraag naar komt, zouden innovatieve oplossingen voor dakdoorvoeren en randafwerking nog wel interessante aanvulling kunnen zijn.

^h Als zonnepanelen warmer worden loopt hun rendement terug, voor kristallijn silicium panelen is deze afname 0,4-0,5% per graad Celsius. Op een zomerdag kan dit verlies oplopen tot 20% (relatief). Om deze reden krijg je de beste opbrengst als de panelen goed geventileerd zijn aan de achterzijde.

6.4 Omvormers en andere elektrische componenten

Omdat zonnepanelen een gelijkstroom produceren is er altijd een omvormer nodig die gelijkstroom (ook: dc=direct current) omzet naar wisselstroom (ook: ac= alternating current). Van oudsher is het elektrisch ontwerp op basis van een centrale omvormer het meest toegepast. Een nadeel hierbij kan zijn dat beschaduwing van één of enkele panelen een sterk negatief effect kan hebben op de output van het gehele zonne-energiesysteem. Om deze reden wordt er door installateurs vaak voor gekozen om geen panelen neer te leggen op plaatsen die voor een deel van de dag beschaduwd worden, bijvoorbeeld naast dakkapellen.

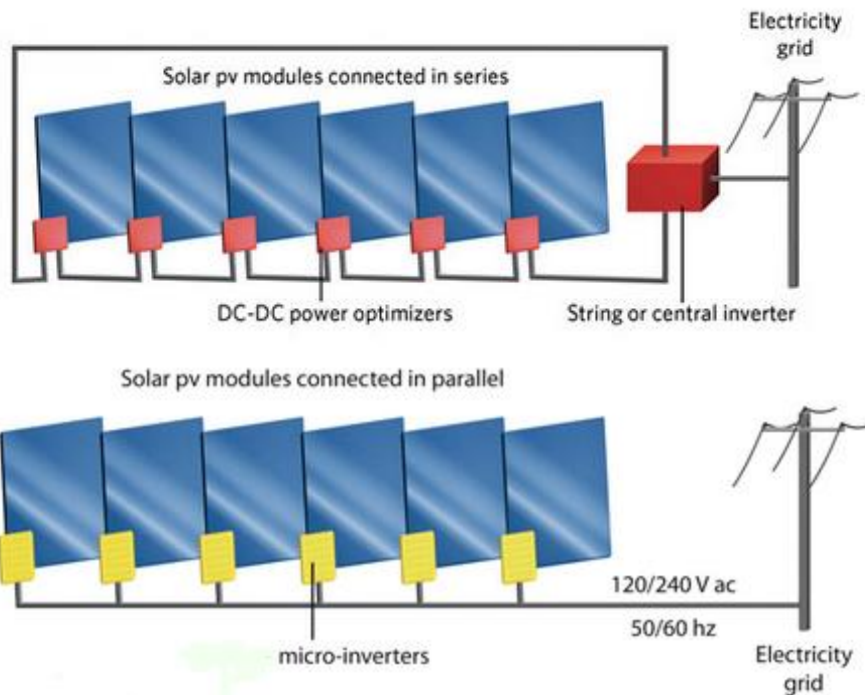


Figuur 13: Aansluitschema voor zon-PV systeem met een centrale inverter. Meerdere panelen staan in serie geschakeld waardoor schaduwverliezen een groot effect kunnen hebben op de hele systeemopbrengst.

Tegenwoordig is er ook een groeiend aanbod aan decentrale omvormers die als voordeel hebben dat de effecten van beschaduwing beperkt kunnen blijven tot één enkele module of een beperkt deel van de modules. Ook verschillen in instraling als gevolg van verschillen in oriëntatie van dakvlakken kunnen zonder veel verlies worden opgevangen.

Op zich bestaan decentrale omvormers al langere tijd, in de vorm van “ac-modules” of “string inverters” maar de lagere kosten en de verhoogde betrouwbaarheid maakt ze nu ook interessant voor de consumentenmarkt. Decentrale omvormers worden op de markt gebracht onder verschillende benamingen:

- ac-modules, d.w.z. modules met een geïntegreerde dc-ac omvormer;
- micro-omvormers, dc-ac omvormers die per module aangesloten worden;
- power optimizers, dc-dc omvormers die per module of per set van 2 modules aangesloten worden, een centrale omvormer doet vervolgens de omvorming van dc- naar ac-stroom;
- string inverters, dc-ac omvormers die op een string, d.w.z. een aantal in serie geschakelde modules aangesloten worden. Deze oplossing is voor kleinere daken minder interessant omdat het aantal modules in serie nog steeds vrij groot is.



Figuur 14: Aansluitschema voor zonnepanelen met behulp van power optimizers (boven) of met micro-omvormers (onder). Omdat iedere paneel van een eigen vermogensregelaar is voorzien, hebben schaduwverliezen veel minder invloed op de systeemopbrengst. (bron: enecsys.com;, SEAC, 2014)

Toepassing van micro-omvormers of power optimizers kan weliswaar wat meerkosten opleveren (in de orde van € 25 per paneelⁱ [8,9]) maar het zal bij beschaduwde daken een opbrengstverbetering opleveren die kan oplopen tot 35% [10]. Belangrijk voor esthetische inpassing is dat de decentrale omvormers de ontwerprijheid vergroten omdat beschaduwde dakvlakken ook zonder probleem belegd kunnen worden met panelen.

We kunnen concluderen dat de nieuwe producten die gebaseerd op decentrale omvormers een belangrijke aanvulling vormen die esthetische inpassing van zonnepanelen beter mogelijk maakt.

ⁱ Er wordt ook wel geclaimd dat omvormers in combinatie met optimizers lagere kosten hebben over de levensduur van het systeem.

7 Advies aan consumenten

De vraag die we hier willen beantwoorden is op welke manier we consumenten die de aanschaf van een zonnecelsysteem overwegen, zodanig kunnen informeren en adviseren dat zij ook meer esthetisch verantwoorde oplossingen voor dakinpassing in hun afweging meenemen.

Uitgangspunten daarbij zijn dat esthetische dak-inpassing een individuele keuze blijft die niet afgedwongen kan worden. Het belangrijkste is om de klant meer bewust te maken van de keuzemogelijkheden die er zijn en de eventuele voor- en nadelen daarvan. De afweging van investeringskosten, opbrengsten, risico's, gemak en esthetiek blijft uiteindelijk in handen van de gebouweigenaar.

Bij gebouweigenaren focussen we in eerste instantie op de particuliere woningeigenaar. Voor professionele gebouweigenaren zal een iets andere mix van informatie en advisering nodig zijn, bijvoorbeeld via de AEDS zonnewijzer voor woningcorporaties.

Voor een **woningeigenaar met een hellend dak** in het zicht denken we aan de volgende aanbevelingen:

1. Bedenk dat het dak van uw woning ook onderdeel uitmaakt van het "visitekaartje" van uw woning. Een zonne-energiesysteem dat op een mooie manier is ingepast in het dak kan de waarde van de woning verhogen, terwijl een lelijk systeem de woning minder aantrekkelijk voor kopers kan maken.
2. Probeer om samen met de burens een gezamenlijke aanpak te ontwikkelen voor plaatsing van zonnepanelen. Dit kan de kosten verlagen en zorgen voor een blijvend uniforme aanblik van de rij woningen.
3. Woning gebouwd voor 1980? Overweeg om het pannendak te vervangen door nieuw dak met isolatie én PV panelen.
4. Laat u ook informeren over de mogelijkheid van een zogenaamde "in-dak" installatie waarbij de panelen in plaats van dakpannen gemonteerd worden;
5. Overweeg de keuze van "All Black" panelen: panelen met een zwart oppervlak en met een zwart frame of frame-loze panelen;
6. Kies één vaste oriëntatie van de panelen: Portrait of Landscape, vermijd een combinatie van oriëntatiewijzen;
7. Laat de installateur vooraf tekeningen met verschillende legschema's maken;
8. Overweeg plaatsing van dunne-laag panelen met kleinere lengte (bijv. 1,25x1,00) als dit beter past in het beschikbaar dakvlak
9. Probeer uitsparingen in het belegd oppervlak te vermijden.
10. Bij horizontale of licht hellende dakvlakken: vermijd dat panelen boven het dakvlak uitsteken en in het zicht liggen;
11. Leg panelen liever laag in het dakvlak dan hoog, zodat het zicht langs de toppen van daken minder verstoord wordt. Weeg wel af of er niet te veel schaduw is op het lage deel van het dak;
12. Hebt u een dakkapel? Er kunnen ook naast de dakkapel panelen gelegd worden. Kies dan wel voor een installatie met micro-omvormers of "optimizers".
Hebt u een dakraam? Probeer dan het dakraam zo goed mogelijk in te passen in het legschema of overweeg vervanging van het dakraam door een raam met standaard paneelmaten;
13. Hebt u een dakdoorvoer (bijv. rookgasafvoer van de cv-ketel) in het vlak van de zonnepanelen? Overweeg verplaatsing van deze doorvoer naar andere plaats of overweeg plaatsing van een dummy paneel met een gat voor de doorvoer.
14. Heeft uw dak een schuine afsnijding van het dakvlak? Vermijd het ontstaan van een "rafelrand", gebruik zonnepanelen of dummies met een schuine zijkant of leg minder panelen.

Voor een **woningeigenaar met een plat dak** kunnen we de volgende aanbevelingen doen:

1. Houd een strook bij de dakrand vrij zodat de panelen minder in het zicht liggen;
2. Ligt uw dak in het zicht van omliggende gebouwen? Houdt dan rekening met het uitzicht van deze burens:
 - a) leg de panelen in een ordelijk patroon
 - b) maak een bewuste keuze voor de kleurstelling van de panelen (blauw of zwart) en de frames
 - c) informeer ook naar de materiaalkeuze van de draagconstructie, bijv. de metalen platen die de opstaande zijde van de panelen afsluiten, en – indien van toepassing- de materialen voor de ballast. Overweeg bij deze keuzes ook de aanblik van bovenaf voor uw burens

Voor een eigenaar die panelen op een **gevel** (in het zicht) wil plaatsen:

1. Overweeg zorgvuldig het plaatsingspatroon van de panelen; sluit zo veel mogelijk aan bij de maatvoering en het ritme van ramen en/of deuren
2. Maak een bewuste keuze voor de kleurstelling van panelen en van de paneelframes

8 Adviezen voor installateurs en technisch adviseurs

Richting installateurs van zonne-energiesystemen en technisch adviseurs zouden we de volgende aanbevelingen willen geven:

1. Bedenk dat de klant misschien iets meer wil dan een standaardstelsel dat zo goedkoop mogelijk is: een fraai ingepast systeem kan de waardering voor het huis verhogen en daarmee de waarde voor de klant. Probeer de klant dus ook varianten aan te bieden met een hogere esthetische waardering.
2. Esthetische inpassing kan een "selling point" zijn voor u als installatiebedrijf, een fraai ogend systeem en een tevreden klant verhoogt de kans op opdrachten uit de omgeving;
3. Denk met de klant mee over de beste manier om de panelen op het dak te leggen: biedt een aantal varianten aan met verschillende legplannen en types zonnepanelen;
4. Bedenk dat panelen met een kleinere maatvoering soms een beter legplan te maken is;
5. Er kunnen ook panelen gelegd worden naast een dakkapel of ander schaduwvormend object: als u gebruik maakt van optimizers of micro-inverters blijft het opbrengstverlies beperkt tot de beschaduwde panelen;
6. Geef de klant ook ter overweging om voor een "in-dak" installatie van de panelen te kiezen;
7. Leg panelen liever laag in het dakvlak dan hoog, tenzij er (veel) schaduw is op het lage deel;
8. Geef de klant in overweging om bepaalde obstakels zoals dakdoorvoeren of dakramen te verplaatsen zodat een beter legplan mogelijk wordt.
9. Bij dakramen kan ook overwogen worden om een nieuw dakraam te plaatsen in dezelfde maatvoering als standaard panelen.
10. Geef ook in overweging om dummy panelen te laten plaatsen in eenzelfde kleurstelling als de zonnepanelen, ter plaatse van dakdoorvoeren;
11. Heeft het dak een schuine afsnijding van het dakvlak? Vermijd het ontstaan van een "rafelrand", gebruik zonnepanelen of dummies met een schuine zijkant of leg minder panelen.

9 Conclusies

In dit onderzoek is verkend welke mogelijkheden er zijn om zonnepanelen op een meer esthetisch verantwoorde manier in te passen op daken van bestaande gebouwen. We hebben ons daarbij vooral geconcentreerd op de particuliere woningeigenaar met een hellend dak.

We hebben een overzicht gegeven van knelpunten voor een esthetische inpassing en de mogelijke oplossingen die er beschikbaar zijn. Een aantal technologische ontwikkelingen zorgen ervoor dat esthetische inpassing eenvoudiger gerealiseerd kan worden. Voorbeelden hiervan de ontwikkeling van nieuwe in-dak installatietechnieken en van decentrale omvormers waarmee de opbrengstverliezen door beschaduwning flink gereduceerd kunnen worden.

Om het onderwerp van esthetische inpassing meer aandacht te geven lijkt het ons verstandig om:

1. Potentiele klanten meer bewust te maken van de mogelijkheden die er bestaan om een esthetische inpassing te realiseren. In veel gevallen zal hier wel een bepaalde meerprijs aan vast zitten, maar een goed ogend zonne-energiesysteem zal vaak ook een meerwaarde voor de woning opleveren.
2. Installateurs en technisch adviseurs de kennis aan te reiken om de klant breder te adviseren en de klant ook oplossingen aan te reiken die een meer esthetische inpassing mogelijk maken.

Daartoe hebben we een set aanbevelingen opgesteld voor zowel consumenten als installateurs die, na aanvulling met geschikte illustraties en fotovoorbeelden, als webpublicatie zou kunnen worden aangeboden.

Tot slot willen we opmerken dat een belangrijk aandeel van de markt voor zonne-energiesystemen op woningen wordt bepaald door groepsinkopers, zoals Vereniging Eigen Huis, Natuur en Milieu of Urgenda. De selectiecriteria die deze inkopers hanteren hebben dus een grote invloed op de systemen die in de praktijk geplaatst worden bij woningbezitters. Het zou goed zijn als in de pakketten die via groepsaankopen worden aangeboden ook meer aandacht en ruimte komt voor varianten met esthetisch ingepaste panelen.

10 Bronnen

- 1) [Photovoltaics Report 2014](#), Fraunhofer Institute for Solar energy ISE, Freiburg, Oct 2014
- 2) M. van den Donker, SEAC, pers. mededeling, januari 2015.
- 3) F. Frontini et al, BIPV Product Overview for Solar Façades and Roofs, SEAC, Eindhoven, SUPSI, Canobbio, Switzerland, 2015
- 4) K. Sinapis, W. Folkerts, MLPM Benchmark Report 2013, SEAC Eindhoven , 2013
- 5) M.N. van den Donker, et al., High throughput roof renovation using prefabbed and prewired watertight PV insulation elements, 29th EU Photovoltaic Solar Energy Conference,22-26 September 2014, Amsterdam
- 6) G. Verberne et al., BIPV products for façades and roofs: A market analysis, 29th EU Photovoltaic Solar Energy Conference,22-26 September 2014, Amsterdam
- 7) www.bipv.ch, website van het Swiss BIPV Competence Centre
- 8) Pers. mededeling, P van Droogenbroek, InnoPV, Breukelen, 11-6-2015
- 9) Pers. mededeling, R. Jonkman, Heliox BV, Best, 11-6-2015
- 10) K. Sinapis, G. Littjens, M. van den Donker, W. Folkerts, Outdoor characterization of three PV architectures under clear and shaded conditions, 29th EU Photovoltaic Solar Energy Conference,22-26 September 2014, Amsterdam

11 Bijlagen

11.1 Bijlage 1: Lijst van geïnterviewden

- William op den Brouw, particulier, Eindhoven (tevens O40 Energie)
- J.W. Scheele, eigenaar-bewoner, Eindhoven
- H. Joppen, eigenaar-bewoner, Eindhoven
- Arie Swager, eigenaar-bewoner VvE, gepensioneerd architect, Bilthoven
- Paul Stegers, manager vastgoedbeheer Wooncompagnie, Hoorn
- Frank Seller, projectleider zonnestroom bij Portaal Utrecht
- M.Y. de Zaal, marketingafdeling Sungevity, installateur zonne-energie, Amsterdam
- R. Camuth, BEAUsolar, productontwikkelaar, installateur zonne-energie, Maastricht
- J. van de Meer, Zon&Co, installateur zonne-energie, Amsterdam
- E. Gramsbergen, RE Source, installateur zonne-energie, Eindhoven
- Paul van Bergen, directeur DGMR, technisch adviesbureau, Arnhem
- Theo Elfrink, medewerker collectieve inkoop zonne-energie installaties, Vereniging Eigen Huis, Amersfoort
- Corina Onderstijn, Adviseur Klimaat, Energie & Duurzaamheid bij de Omgevingsdienst Regio Utrecht
- Brechje Pronk, afdeling Vergunning, Team Welstand, Gemeente Rotterdam

11.2 Bijlage 2: Bron van foto's en figuren

1. Flip ten Cate (FRK) en Thijs Kurstjens (W/E)
2. Zonnig Wiechen, <http://www.zonnig-zonnepanelen.nl/6kwp-zonnecentrale-wijchen/> (links) en onbekend (rechts)
3. Dirk Baalman
4. Links en midden: Ying Li Solar <http://www.yinglisolar.com/en/products/>, 3^e van links: AmeriSolar, www.weamerisolar.com; geheel rechts: www.exasun.com
5. Links: www.SolarFrontier.com, midden: www.firstsolar.com, rechts: Erik Alsema
6. Links: onbekend; rechts: Erik Alsema.
7. Linksboven: trienergia.com, rechtsboven: Bisol.com, Linksonder: onbekend, rechtsonder: Lofsolar.com
8. www.mijnenergiefabriek.nl
9. Linksboven: renewableenergyworld.com; rechtsboven: www.stafier.nl, midden-links: www.Areafranceram.com, midden rechts: www.solarcentury.com; links-onder: www.synroof.nl; rechtsonder: www.mijnenergiefabriek.nl
10. Links: onbekend, rechts: www.hyetsolar.nl
11. Linksboven: www.prorail.nl, rechtsboven: www.mijnenergiefabriek.nl Linksonder: www.solarbuildingtech.com; rechtsonder: www.sharp.com;
12. Links: Flip ten Cate, midden: www.lefier.nl, rechts: SolarCentury
13. Enecsys.com
14. Enecsys.com