

Vraag:

In onze gemeente geldt een verbod voor zonnepanelen op monumenten. Acht u dat terecht en kunt u, in aansluiting op de voorgaande bijdragen over duurzame opwekking, de voor- en nadelen van toepassing van zonnepanelen op en bij monumenten voor ons behandelen?

Antwoord:

De vraag is in toenemende mate relevant, omdat de verduurzamingstrend in ons land richting 'gasloos' en 'all electric' gaat. Toepassing van zonnepanelen, in de vakwereld aangeduid met PV ('Photo Voltaics'), op en bij monumenten biedt zeker kansen, maar kan ook riskant zijn. Het is dus zaak om per situatie een grondige analyse van de kansen en risico's voor en van PV te maken en daar de keuze voor toepassing op te baseren. Een integraal verbod voor PV op monumenten is onnodig beperkend en laat opties onbenut. Net als bij de eerder besproken methoden van duurzame energieopwekking, geldt voor PV ook dat de opbrengstramingen voor de door een installatie te leveren zonnestroom in nuchtere realiteit moeten worden gemaakt.

PV-techniek

In hoofdzaak zijn er drie typen PV-techniek. In volgorde van hoogste opbrengst per oppervlakte-eenheid gaat het om: mono-kristallijne, poly-kristallijne en dunne film techniek. Daarnaast zijn er meerdere manieren om de zonnecellen vorm te geven en te combineren. De verschillende technieken en vormen van PV zorgen ook voor flinke verschillen in stroomopbrengst per oppervlakte-eenheid.

Mono – en polykristallijne PV wordt meestal geleverd in de vorm van de gebruikelijke panelen van ca. 1,6m²; ze zijn ook in grotere en kleinere afmeting te krijgen. De panelen hebben een lichtmetalen omranding (blank of zwart geanodiseerd aluminium) en hebben een dikte van enige cm. In de kristallijne techniek zijn er ook PV-dakpannen, met in het ceramische vlak opgenomen zonnecellen. Het pantype is steeds machinaal-modern. Ook PVT-panelen zijn meestal van het kristallijne type; zij hebben aan de achterzijde een warmtewisselaar waardoor koelvloeistof wordt gevoerd voor het oogsten van zonnewarmte (T=temperatuur). Voordeel van deze techniek is dat tevens de warmtestraling van de zon wordt benut, bijvoorbeeld voor het opladen van een zonneboiler. Extra voordeel is dat het oogsten van warmte voor koeling van het PV-gedeelte zorgt, waardoor het elektrisch rendement daarvan toeneemt. Zij kunnen voor verschillende brontemperaturen worden gebruikt, waardoor ze in uiteenlopende verwarmingssystemen bruikbaar zijn.



Polykristallijne PV op het dak van een jaren dertig huis. Het huis is daarmee vermoedelijk elektrisch zelfvoorzienend. Maar het ziet er rommelig uit; dergelijke beeldschade is bij monumenten ongewenst. Midden en rechts: voorbeeld en toepassing van PV-dakpannen. De panvorm is modern. © ejn en Nelskamp.

Bij semi-transparante - lichtdoorlatende - zonnepanelen is meestal sprake van gespreide plaatsing van de afzonderlijke cellen tussen glas. Daardoor kan langs de stroomopwekkers getemperd licht doordringen. De panelen kunnen in alle standen als ruiten geplaatst worden, bijvoorbeeld in kassen en serres.

Dunne film panelen hebben de gevoelige laag ook tussen twee glasplaten en kunnen een zeer slanke rand hebben; de panelen zijn dan iets meer dan een cm. dik. Zij leveren per m² wat minder stroom op dan polykristallijne panelen, maar werken iets beter bij licht bewolkt weer en schaduw. Verder zijn deze 'thin film' panelen mooi egaal van kleur (diverse kleuren mogelijk; zwart levert het meeste rendement). Met thin film panelen kunnen daardoor strak ogende, bijna egale dakvlakken worden geformeerd, wat een architectonisch voordeel kan zijn. Dunne film PV is ook in flexibele vorm beschikbaar, bijvoorbeeld als banen dakbedekking, die zelfs – voorzichtig! – beloofbaar zijn.



Transluente (doorschijnende) PV op het glasdak van een aanbouwserra; zonwering en zonnestroomopwekking in één. Thin film PV is ook 'aan de rol' leverbaar, bijvoorbeeld voor toepassing op platte daken. © ejn en internet

Stroomopbrengst

Er zijn vaak mooie opbrengstbeloften van de leveranciers, die vervolgens in de praktijk niet of bij lange na niet worden gehaald. Met bijvoorbeeld twaalf zonnepanelen op het dak is een doorsnee monumentaal woonhuis echt niet zelfvoorzienend te maken. Hieronder geven wij in schema weer welke jaaropbrengsten per vierkante meter of per paneel er in ons land zijn te verwachten bij de verschillende typen zonnepanelen in uiteenlopende opstelling.

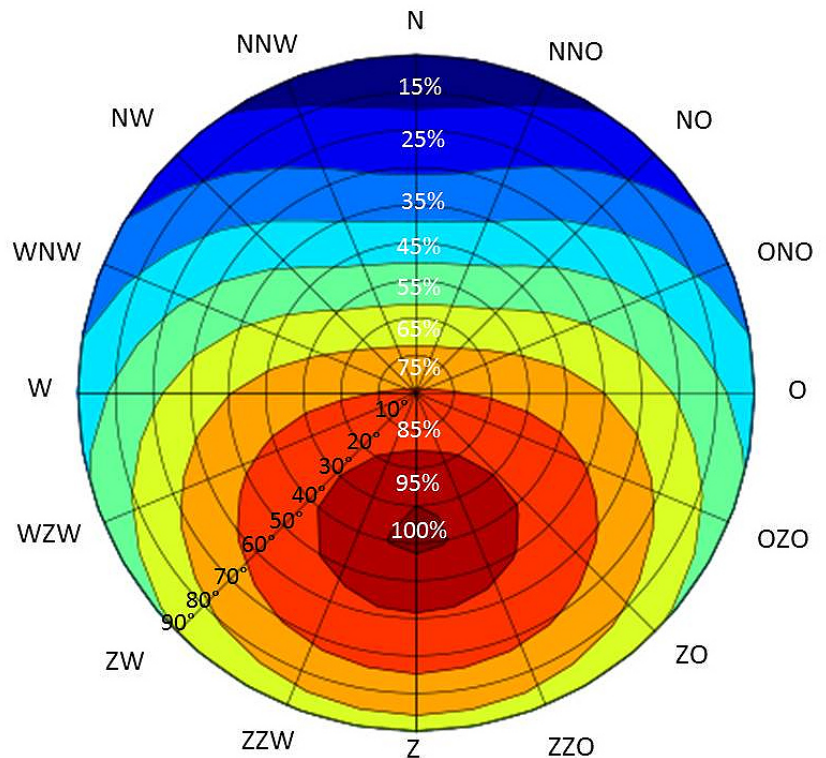
Zonnepanelen en PV, typen, opstelwijzen en opbrengsten (© DvS – EJN '19)

paneeltype ↓	jaaropbrengst per m ² bij optimale opstelling	jaaropbrengst bij vlakke opstelling (5-10 ⁰ O-W) op plat dak per m ² paneel en per m ² bruto dakoppervlak		jaaropbrengst bij verticale toepassing van het paneel, per m ²
		per paneel	per m ² dak	
monokristall.	165 kWh/m ²	148 kWh/m ²	118 kWh/m ²	74 kWh/m ²
polykristall.	155 kWh/m ²	143 kWh/m ²	114 kWh/m ²	71 kWh/m ²
thin film CIGS	145 kWh/m ²	130 kWh/m ²	103 kWh/m ²	90 kWh/m ²
translucent	70 kWh/m ²	60 kWh/m ²	n.v.t.	46 kWh/m ²
zonnepannen	72 kWh/m ²	n.v.t	71 kWh/m ²	33 kWh/m ²
PVT lage water- temp	170 kWh/m ²	150 kWh/m ²	120 kWh/m ²	n.v.t.
PVT hoge water- temp	135 kWh/m ²	115 kWh/m ²	92 kWh/m ²	n.v.t.

Enige conclusies uit bovenstaand schema:

- per paneel of per m² levert een monokristallijn systeem de meeste stroom, maar het verschil met polykristallijne systemen is niet zo groot
- bij niet-ideale opstelling levert thin film PV zelfs meer stroom dan de andere typen
- zonnepanelen en translucente PV leveren per m² minder dan de helft op van wat mogelijk is met standaard zonnepanelen
- oost-west opstelling onder flauwe helling is bijna net zo gunstig als optimale opstelling gericht op het zuiden onder een hoek van ca. 35° t.o.v. horizontaal.
- de opstelwijze bepaalt de opbrengst, waarbij horizontaal vlakke plaatsing toch nog zo'n 85% van het stroomoptimum oplevert

Die laatste twee punten zijn van belang voor de mogelijkheden om PV uit het zicht te houden bij opstelling op monumentale daken. Om de invloed van de oriëntatie en helling van PV goed in te zien is nevenstaand instralingsschema instructief. Dat toont in oranje kleur (de 85% zone) de ruime mogelijkheid, bij vlakke toepassing, om zonnepanelen te laten stroken met de oriëntatie van het dak.



Met deze informatie is het mogelijk om te bepalen hoeveel zonnepanelen er nodig zijn om duurzaam in de jaarlijkse stroombehoefte van een pand te voorzien. Wanneer wij het 'standaard woonhuismonument' uit de ERM waaier **Uw monument Energiezuinig** als voorbeeld nemen dan gaat het om een jaargebruik van 5000 kWh. Om die elektravraag met PV in te lossen is dan zo'n 31 m² of een aantal van 20 zonnepanelen nodig bij optimale opstelling. Bij vlakke – OW – opstelling wordt dat 35 m² of 22 stuks, waarvoor dan ca. 44 m² plat dak nodig is.

Zonnepanelen krijgen van hun producent altijd een 'Wattpiek'-getal (WP), waarmee de theoretische capaciteit van het paneel wordt aangegeven. We kunnen daarmee de praktische waarde voor de jaaropbrengst per paneel in gemiddelde OW-opstelling berekenen met deze vuistregel:

0,83 x WP-getal paneel = opbrengstgetal in kWh/jr. per paneel

We merken hier nog op dat de opbrengst van een PV-systeem ook wordt geconditioneerd door de wijze waarop de verschillende panelen onderling geschakeld zijn, hoe omvorming van de geleverde gelijkstroom naar de benodigde 220 V. wisselstroom wordt verzorgd en of er slimme schakelingen – zoals met optimizers – zijn. Als al deze techniek in optimale vorm wordt toegepast, worden de genoemde opbrengsten gehaald, mits de zonnepanelen schoon blijven! Ga niet uit van de goedkoopste variant, want bij PV is: goedkoop = duurkoop.

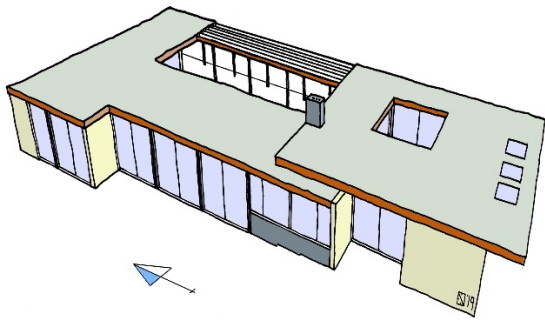
Regelmatig reinigen nodig

Hoewel veel fabrikanten beloven dat hun zonnepanelen nooit hoeven worden schoongemaakt, is 2-4x reinigen + wassen per jaar nodig om het PV-systeem zijn rendement zo goed mogelijk te laten behouden. Als dat niet gebeurt, dan loopt alleen al door vervuiling de opbrengst per jaar met zo'n 3-5% terug, zeker bij vlak geplaatste PV. Daar komt dan nog bij dat veroudering ca. 1% opbrengstvermindering per jaar veroorzaakt.

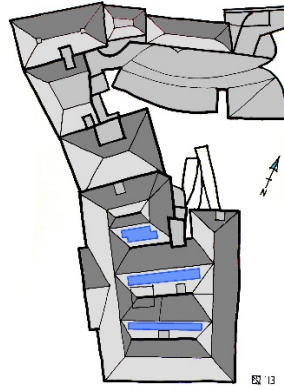
Verantwoorde opstelling bij monumenten

Dit is het belangrijkste afweegpunt bij de keuze voor een PV-systeem: kan toepassing van PV plaatsvinden zonder visuele en fysieke schade aan het monument, worden alle daaraan te onderkennen cultuurwaarden behouden en is er geen risico van gevolgschade door de zonnecentrale? Wanneer niet aan deze condities kan worden voldaan, dan lijkt toepassing van PV op of bij het betreffende monument uitgesloten.

Maar binnen deze condities zou het moeten kunnen. Bijvoorbeeld bij platte daken en vlakke plaatsing van PV. Wij geven hieronder enkele voorbeelden van succesvolle inzet van PV op monumentale platte daken of dakdelen.



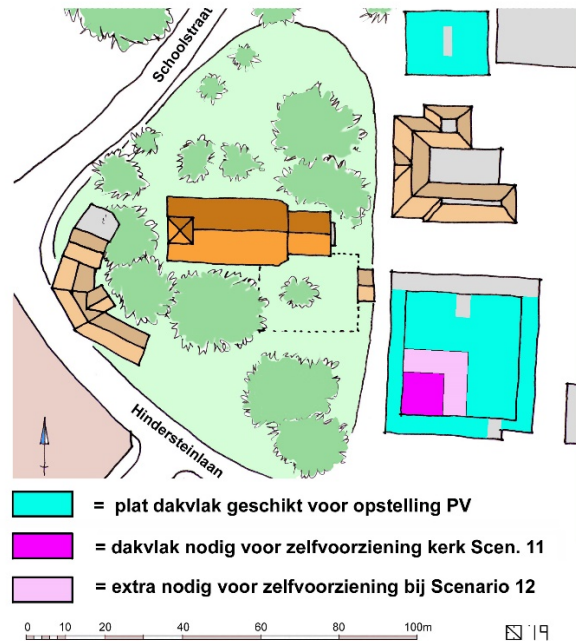
Op het platte dak van deze monumentale Rietveldvilla zijn in totaal 90 monokristallijne zonnepanelen opgesteld onder een zeer kleine hoek, los van de dakrand. Dat levert jaarlijks zo'n 21000 kWh aan groene stroom op, genoeg voor alle elektragebruik inclusief warmtepompverwarming. Zij zijn vanaf het maaiveld volledig onzichtbaar. Nadeel van de vlakke opstelling is dat de panelen snel vervuilen. Meermalen reinigen per jaar is echt nodig . © ejn



Links: op het bijna vlakke dakdeel van dit negentiende-eeuwse huis in de binnenstad is geheel buiten het zicht een grote zonnecentrale opgesteld, met behoud van alle fysieke en visuele monumentwaarden. Het pand is nu elektrisch zelfvoorzienend. Midden en rechts: bij het oude stadhuis van Utrecht is conform advies op de niet vanaf de straat zichtbare geschikte dakdelen PV opgesteld, met flinke verduurzaming van het energiegebruik als gunstig resultaat. PV op monumenten is onder voorwaarden dus goed mogelijk en effectief verduurzamend. © ejn

Opwekking bij de buren

Wanneer opstelling van PV op het monument zelf om redenen van cultuurwaardenbehoud is uitgesloten, zijn er toch mogelijkheden voor duurzame stroomopwekking. Het gaat dan om medegebruik van mogelijk op de platte daken van nabijgelegen gebouwen te plaatsen zonnepanelen. De mogelijkheden van 'duurzame stroomopwekking op het dak van de buurman' zijn dankzij de 'postcode-roos' -regeling en subsidiemogelijkheden zeker interessant. Als dat zo is en er is voldoende vierkante meter 'buurdak' beschikbaar, dan kan zelfs bij de overstap naar een warmtepompsysteem de dan veel grotere elektriciteitsvraag ook middels een behoefte dekkend oppervlak aan PV worden verduurzaamd.



Bij deze dorpskerk – links gezien vanuit het noordwesten – is toepassing van PV op het zuidelijke dakvlak natuurlijk uitgesloten (en ook niet zo efficiënt gezien de grote bomen rond de kerk!). Maar ten oosten van de kerk is er een groot nieuwbouwpand met veel onbenut dakvlak. Wanneer daarover goede afspraken met de eigenaar zijn te maken kan de jaarlijkse stroombehoefte van de kerk met gemak worden geogst op een deel van het buurdak (donkerpaars aangegeven in de tekening). Zelfs wanneer de kerk overstapt naar verwarming middels een warmtepompsysteem is er plaats genoeg voor zelfvoorzienende PV (extra lichtpaarse dakgedeelte). © ejn

Wanneer wij onze historische binnensteden van bovenaf bekijken, hetgeen via Google Maps goed kan, dan valt op hoeveel vlakke dakgedeelten er 'braak liggen' voor plaatsing van PV zonder visuele schade voor het stadsbeeld. Door benutting daarvan kunnen wij hellende monumentale daken ongemoeid laten en toch ter verduurzaming van het gebouwde erfgoed zonnestroom genereren. Hier liggen kansen voor monumentenverduurzaming te wachten.



Links: rond het groen omkaderde monumentale hofjescomplex is in deze oude binnenstad op tal van platte daken en dakdelen onzichtbare opstelgelegenheid voor PV. Met paarse stippen zijn de oppervlakken gemarkeerd die belegd met PV duurzaam in de stroomvraag van het hofje zouden kunnen voorzien. Gele stippen markeren de extra benodigde dakvlakken wanneer een warmtepompsysteem in bedrijf zou worden genomen en het hofje 'gasloos' en elektrisch zelfvoorzienend zou zijn.

Rechts: een blik vanaf de Domtoren neerwaarts op de binnenstad van Utrecht. In de foto is met paarse omkadering aangegeven welke dakvlakken zonder beeldschade zouden zijn te benutten voor PV. Het gaat bij dit stadsblok dan om meerdere honderden vierkante meters dak. Die zouden, voorzien van PV, goed zijn voor vele tientallen Megawattuur zonnestroom per jaar!

Hier lijken kansen te liggen op het gebied van stadsverduurzaming. © ejn en Google

Risico's van PV

De installatie van een PV-systeem vraagt om gekwalificeerde voorbereiding en uitvoering. De betreffende installatiebedrijven zullen meestal zijn gecertificeerd voor de levering van deze expertise. Maar die certificering is gericht op het installeren op 'gewone' gebouwdaken. De specifieke kennis en kunde die voor werken aan en op het monumentale dak nodig is, ontbreekt bij de meeste adviseurs en installatiebedrijven. Dat brengt het risico met zich mee dat na plaatsing van het systeem er direct of op termijn schade en lekkage in de dakzone van het beschermde gebouwde cultuurgoed ontstaat.

Ook kan zich bij hellende daken vuil ophopen achter de panelen (dode vogels, blad), wat op termijn een lekkage- en brandrisico oplevert. Wanneer niet-gekwalificeerden de installatie zouden plaatsen is er ook kans op brandgevaar bijvoorbeeld als gevolg van te lichte bedrading, kortsluiting en kraakcontacten in de installatie.

Het is daarom aan te bevelen om het ontwerp en de uitvoering van een PV-installatie op of bij het beschermde monument te laten begeleiden door een voor monumentenwerk erkende architect of adviseur (GEAR en/of EMA-gecertificeerd). Die kan zorgen dat opstellingsdetails aansluiten bij de instandhoudingsvereisten die het dak stelt en kan helpen bij het kiezen van de juiste tracés voor de aansluitende bekabeling.

Veilige duurzame energieopwekking binnen de conditie van cultuurwaardenbehoud is dan bij monumenten vaak goed mogelijk.