Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap

Zonne-energie in de historische omgeving

Groene gids

Overige groene gidsen of wegwijzers:

- *Zonne-energieplannen en monumenten: wegwijzer voor vergunningverleners*
- *Zonne-energie en uw monument: wegwijzer voor eigenaren en huurders*

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap

Actualiteit van deze informatie

De inhoud van deze gids is op enkele punten achterhaald, maar bevat voor het overgrote deel informatie en advies dat nog steeds nuttig is.

Onder andere de volgende punten zijn nu anders:

- Waar u zonnepanelen kunt plaatsen is tegenwoordig soms ruimer dan in deze gids staat. Bekijk de infographic hieronder voor de mogelijkheden van nu. Of raadpleeg de tweede druk uit 2020 van onze gids *Zonne-energie en uw monument: wegwijzer voor eigenaren en huurders*.
- De kosten en terugverdientijden van zonnepanelen zijn sterk gedaald. Kijk ook hiervoor in de zojuist genoemde gids uit 2020.
- Aarding van zonnepaneelinstallaties is tegenwoordig verplicht.
- Sinds kort zijn er geen HRe-ketels meer te koop in Nederland.

Wij werken aan een gewijzigde herdruk van deze gids, die in de loop van 2021 zal verschijnen.

Heeft u nog vragen, neem dan contact op met onze InfoDesk. Bel (033) 421 7 456 of gebruik het contactformulier op onze website.

juni 2020

Inhoud

Samenvatting 3

Inleiding 5

1 Stappen die voorafgaan aan zonne-energie 7
Vermijd gebruik van onnodige energie 7
Spring zuinig om met energie 7

2 Systemen voor warmte uit zonlicht 11
Zonnecollectoren 11
Watervoorraadvat 12
Naverwarmer 13
Combinatie van zonnecollector en zonnepaneel 13

3 Systemen voor elektriciteit uit zonlicht 15
Soorten zonnecellen 15
Zonnepanelen 15
Stroomproducerende bouwmaterialen 16

4 Rekening houden met cultureel erfgoed 19
Cultuurhistorische waarden 19
Gevolgen van zonne-energie-installaties 19
Belang van zorgvuldige voorbereiding 20
Belangrijke basisprincipes 20

5 Uitgangspunten voor een goede installatie 23
Locatiekeuze 25
Systeemkeuze 26
Plaatsingswijze 27
Systeemgrootte 29
Kleur en reflectie 30
Gewicht 30
Schaduw 30
Oriëntatie en helling 32
Bevestiging 32
Leidingen, kabels en overige apparatuur 34
Bijzondere dakvormen en dakbedekkingen 36
Onderhoud en veiligheid 37
Vervanging en onbruik 39
Combinaties met andere systemen 39

6 Duurzame alternatieven 41
Overstappen op groene stroom 41
Coöperatieve zonnestroom 41
Alternatieve installaties voor warmte en stroom 41

7 Besparingen, financiering en vergunningen 45
CO_2- en energiebesparing 45
Investeringskosten en terugverdientijden 45
Vergoeding voor teruggeleverde stroom 45
Subsidies en goedkope leningen 46
Omgevingsvergunning verplicht of niet 46
Eerst overleggen, dan vergunning aanvragen 49

Meer informatie 50

Literatuur 51

Verklarende woordenlijst 53

Register 56

Samenvatting

Een zonne-energie-installatie wekt warmte of elektriciteit op voor gebruik in huis. Aan energie opwekken gaat echter altijd een stap vooraf: het energieverbruik terugdringen. Dat is namelijk de effectiefste manier om kosten te besparen en de CO_2-uitstoot te verminderen. Dit kan op vele eenvoudige manieren, ook op manieren die minder risico opleveren voor het gebouw dan isolatie.

Zonne-energiesystemen zijn er in twee vormen. Allereerst zijn er systemen om water te verwarmen voor badkamer en keuken. Dit gebeurt meestal met zonnecollectoren. Daarnaast gaat het om systemen die zonlicht omzetten in stroom. Dit gebeurt met zonnepanelen of speciale materialen waarin zonnecellen zitten, zoals glas, dakpannen of folies. Hybride systemen kunnen tegelijkertijd warmte en stroom opwekken. De systeemonderdelen om warmte of stroom te winnen, staan altijd buiten op het erf of op het gebouw, vaak op het dak.
Om de gewonnen warmte of elektriciteit ook te kunnen gebruiken, zijn waterleidingen en stroomkabels nodig. Daar komen nog kleinere en soms grotere apparatuur en toestellen bij. Al deze bijkomende onderdelen zitten voornamelijk aan de binnenkant van het gebouw.

Zonne-energie-installaties zijn mogelijk als de locatie gunstig ligt voor de zon en de plek de ingreep aankan zonder dat hierdoor cultuurhistorische waarden verloren gaan. Het gaat erom het historische materiaal, karakter en aanzicht te behouden. Dit is vaak gemakkelijker op erven dan op gebouwen, op platte daken dan op schuine daken, op onbelangrijke bijgebouwen dan op hoofdgebouwen en op nieuwbouw dan op bestaande gebouwen.
Plaatsing is alleen een optie op een deel van het erf of dak dat minder waardevol of representatief is en waarop de installatie vanuit openbaar gebied niet is te zien. Dit maakt de installatie vaak nog wel zichtbaar vanuit andere standpunten. Hierdoor hangt veel af van aanvullende keuzes en maatregelen, zoals het type systeem, de manier van plaatsing en bevestiging, de plaats binnen het dakvlak of erf, de grootte van het systeem en zijn vorm, kleur en reflectie.

In een aantal gevallen is zonne-energie geen optie. Dit is het geval bij uitzonderlijke monumenten, daken met een bijzondere vorm, daken met bijzondere of kwetsbare materialen, en bij een bijzonder historisch dakenlandschap.

Voor zonne-energie bestaan veel duurzame of milieuvriendelijke alternatieven. Besparen op het energieverbruik is daarvan de belangrijkste. Overstappen op groene stroom is een goed alternatief, op voorwaarde van een bewuste keuze hiervan. Verder is het mogelijk dat particulieren gezamenlijk zonnepanelen plaatsen op een groot, maar onbelangrijk dak ergens in de buurt, en daar dan als coöperatie zonnestroom opwekken. Daarnaast zijn er allerlei andere installaties mogelijk, zoals HRe-ketels, houtgestookte cv-ketels en cv-kachels, warmtepompen, hybride warmtepompen en soms ook kleine windturbines.

Inleiding

Steeds meer eigenaren van gebouwen wekken hun eigen energie op uit zonlicht. Dit geldt ook voor eigenaren en huurders van beschermde monumenten en gebouwen in beschermde stads- en dorpsgezichten. Zonne-energie is mogelijk op en rond deze historische gebouwen, maar niet altijd. Wanneer kan het wel? En als het kan, waar moet u dan op letten? In deze groene gids vindt u de antwoorden.

Energiemaatschappijen winnen duurzame energie uit allerlei bronnen, steeds vaker ook uit zonlicht. Die energie leveren ze vervolgens aan hun klanten. Op kleine schaal kunnen particulieren ook zelf energie opwekken uit zonlicht. Bij historische bebouwing vraagt het plaatsen van zonne-energie-installaties echter speciale aandacht. Niet alleen om de cultuurhistorische waarden van het gebouw of het gebied te sparen, maar ook om het passendste zonne-energiesysteem te kiezen en dit goed te installeren.

Zonne-energiesystemen bestaan uit panelen of collectoren om zonlicht op te vangen. Zonnepanelen wekken stroom op; zonnecollectoren produceren warmte. Stroom opwekken gebeurt ook met speciale materialen zoals glas (zie afbeelding hiernaast), leien en dakbitumen waarin zichtbare of soms vrijwel onzichtbare zonnecellen zitten. Om de gewonnen stroom of warmte ook te kunnen gebruiken, zijn leidingen en kabels nodig. Daar komen nog kleinere apparatuur en soms grotere toestellen bij. Al deze bijkomende onderdelen zitten voornamelijk aan de binnenkant van het gebouw.

Een zonne-energie-installatie betekent soms een aanzienlijke ingreep in het historische karakter van een monument of een beschermd stads- en dorpsgezicht. Deze publicatie helpt u keuzes te maken over het type installatie en de plek waar deze komt te staan. We laten zien hoe u daarbij rekening te houden met de cultuurhistorische waarden van het gebouw, zijn interieur en de omgeving. Blijkt hieruit dat zonne-energie geen optie is? Dan wijst deze publicatie de weg naar duurzame en kostenbesparende alternatieven, want energie en kosten besparen kan op veel manieren. Het energieverbruik terugdringen ligt zelfs eerder voor de hand dan energie zelf opwekken. Besparing is namelijk de effectiefste manier om energiekosten terug te dringen, de CO_2-uitstoot te verminderen en klimaatverandering tegen te gaan.

De aanpak bij gemeentelijke monumenten is in de praktijk niet anders dan die bij rijksmonumenten. Daarom maken we hier geen verschil tussen deze monumenten. Hoewel deze gids specifiek gaat over monumenten en beschermde stads- en dorps- gezichten, is de informatie ook goed te gebruiken voor alle andere historische gebouwen. Moderne gebouwen bieden vaak volop kansen voor zonne-energie, maar daar gaat het in deze gids niet over.

Zonnepaneel en zonnecollector: niet hetzelfde
Met zonnepanelen wekt u elektriciteit op. De verlichting en apparatuur in huis kan hierop werken. Met zonnecollectoren wekt u warmte op. Hiermee kunt u water verwarmen voor gebruik in de badkamer en keuken, en soms ook voor de verwarming van het huis.

1 Stappen die voorafgaan aan zonne-energie

De duurzaamheid van een gebouw verbeteren en besparen op de energiekosten kan op vele manieren. Daarin zit echter wel een bepaalde logische volgorde. Het is beter om eerst energie te besparen en dan pas energie op te wekken. Deze volgorde levert namelijk het meeste op voor het milieu, de portemonnee en het monument.

Om de CO_2-uitstoot te verminderen is energiebesparing effectiever dan energie-opwekking. Ook zonne-energie belast het milieu, alleen minder dan kolen of aardgas. Daarom blijft besparen nodig. Energiebesparing is meestal al mogelijk tegen geringe kosten en met eenvoudige ingrepen. Eenvoudige, goedkope maatregelen om energie te besparen kunnen de energielasten vaak aanzienlijk verlagen. Dit maakt energiebesparende maatregelen rendabeler dan het zelf opwekken van energie. Bovendien is energiebesparing vaak minder ingrijpend voor een monument dan het opwekken van energie met zonnepanelen of zonnecollectoren. Ook verhogen energiebesparende maatregelen vaak het comfort in het pand.

Werk stap voor stap aan het verlagen van het energieverbruik. Begin met de maatregelen die eenvoudig, goedkoop en risicoloos zijn. Vaak gaat het om maatregelen die nauwelijks ingrijpen in de historische materialen en constructies van het gebouw.
Meestal zijn deze ook mogelijk zonder een vergunning. Bewaar de grotere, meer ingewikkelde en risicovolle maatregelen, zoals isolatie, voor het laatst.

Stap 1: Vermijd gebruik van onnodige energie

De basis van besparen ligt in het voorkomen van onnodig energiegebruik. Denk hierbij aan de mogelijkheden die het gebouw zelf biedt voor licht, warmte, koelte en ventilatie zonder installaties of apparatuur.
In hoge ruimten met hoge ramen kan daglicht diep binnendringen, waardoor elektriciteit bespaard kan worden. Ramen en deuren kunnen frisse lucht binnenlaten, zodat er geen ventilatiesystemen nodig zijn. Door grote ramen op het zuiden, serres, lichtkoepels en vides kan een gebouw overdag zonnewarmte opvangen, zonder hiervoor te hoeven stoken. Dikke, massieve constructies, zoals zware bakstenen muren, kunnen warmte en koude uit de lucht opslaan en later weer afgeven. Hierdoor blijft het in de winter 's avonds warmer en in de zomer overdag koeler. Serres, klompenhokken en tochtportalen kunnen ventilatielucht voorverwarmen, zodat er minder koude lucht binnenkomt in het woongedeelte.
Het kost veel energie om bouwmaterialen te winnen, maken en transporteren. Deze energie is niet nodig als materialen en complete gebouwen worden hergebruikt. Voorkom ook onnodig transport en herstelwerk – en onnodig energieverbruik – door lokale materialen te gebruiken en te kiezen voor goede reparaties die lang meegaan.

Stap 2: Spring zuinig om met energie

Besparen betekent ook zuinig omspringen met de energie die wel nodig is. Hierbij draait het vooral om efficiëntere installaties en apparaten, zuiniger gedrag en verbeteringen aan het gebouw waardoor minder energie verloren gaat.
Energie besparen begint met goed onderhoud, want een goed onderhouden monument is energiezuiniger. Als u bijvoorbeeld uitgezakte of vervormde ramen en deuren door een timmerman weer goed laat sluiten, kan er aanzienlijk minder warmte naar buiten. Vaak gaat de meeste warmte namelijk niet verloren door het glas, maar door de kieren rondom een historisch raam. Goed onderhouden gevels zijn droger, en isoleren daardoor beter.
Bij goed onderhoud is het bovendien binnen vaak droger. Ook hiermee bespaart u op de stookkosten, want het kost minder energie om droge lucht op te warmen dan vochtige lucht.

Besparen gaat gemakkelijker als u inzicht hebt in het energieverbruik: waar gaat de energie aan op, om hoeveel energie gaat het en wat kost het? Een slimme meter met een energieverbruiksmanager levert die informatie. U verlaagt de energielasten ook aanzienlijk door minder hard en minder lang te stoken, en in minder ruimten. Klokthermostaten en thermostaatkranen op radiatoren zijn daarbij goede hulpmiddelen.

Als cv-installaties waterzijdig zijn ingeregeld, stroomt het warme water op de juiste snelheid door elke radiator. Hoewel dit inregelen zelden gebeurt, zijn er besparingen mee te realiseren van 10 tot 30 procent, het meeste bij grotere cv-systemen. Laat ook de cv-ketel ten minste één keer per twee jaar onderhouden. Zonder onderhoud raakt de cv-ketel namelijk vervuild en daalt het rendement met 10 procent.
In grote gebouwen met lange leidingtracés kan meer dan 15 procent van de warmte verloren gaan door niet-geïsoleerde cv-leidingen. Dit warmteverlies beperkt u door goede isolatie rond deze leidingen in onverwarmde ruimten. Denk ook aan het plaatsen van radiatorfolie achter de radiatoren, vooral als de radiator aan een buitenmuur zonder isolatie hangt. De folie bespaart dan tot 10 kubieke meter gas per jaar per vierkante meter radiatorfolie.
Vervang ook op tijd de cv-ketel. Een nieuwe ketel is vaak aanzienlijk zuiniger in gebruik. Het juiste moment om de ketel te vervangen berekent u met de *Verwarmingswijzer* op www.milieucentraal.nl.

Het warmteverlies door ramen met enkel glas kan met 40 tot 60 procent verminderen door het sluiten van dikke gordijnen, dubbele plisségordijnen, rolgordijnen met warmtereflecterende folie of raamluiken. Dubbel glas vermindert dit warmteverlies met 55 procent.
Het dichten van kieren rond historische ramen en deuren beperkt het warmteverlies aanzienlijk, en hiermee bespaart u vaak meer

STAP 1: Vermijd gebruik van onnodige energie	STAP 2: Spring zuinig om met energie	STAP 3: Gebruik waar mogelijk duurzame energie	STAP 4: Gebruik voor de rest fossiele energie
• Benut daglicht in plaats van kunstlicht. • Zorg voor schaduw tegen oververhitting (bijv. met leilinden). • Benut de warmte van de zon achter glas (bijv. door grote historische ramen, serres en lichtkoepels). • Ververs de binnenlucht door natuurlijke ventilatie (zoals het openen van ramen). • Gebruik serres en tochtportalen om ventilatielucht voor te verwarmen. • Benut de thermische massa van zware, massieve constructies om de binnentemperatuur te regelen. • Vermijd gebruik van apparatuur (bijv. door was te drogen op zolder). • Neem vrijkomende gebouwen weer in gebruik. • Behoud en hergebruik zo veel mogelijk oorspronkelijk materiaal. • Kies materialen die lang meegaan. • Pas materialen toe uit de omgeving. • Werk met materialen die weinig energie vragen om te maken.	• Onderhoud het gebouw goed. • Verbeter de regeling van de cv (bijv. klokthermostaat en thermostaatkranen). • Stook minder hard, minder lang en in minder ruimten. • Laat de cv waterzijdig inregelen. • Isoleer leidingen voor cv en warmwater. • Plaats radiatorfolie achter radiatoren. • Vervang op tijd de cv-ketel. • Verbeter de kierdichting rond deuren en ramen. • Sluit dikke gordijnen en gebruik of herplaats raamluiken. • Sluit nietgebruikte schoorstenen af. • Gebruik onverwarmde serres, tochtportalen en zolders als bufferruimte. • Plaats een slimme meter en energieverbruiksmanager. • Gebruik energiezuinige verlichting en apparatuur. • Zet nietgebruikte verlichting en apparatuur uit. • Win warmte terug uit douchewater of ventilatielucht. • Verbeter waar mogelijk de isolatie.	• Stap over op groene energie bij uw energieleverancier. • Verwarm met een houtgestookte cv-ketel (bioenergie). • Win warmte uit de grond of lucht met een warmtepomp. • Sla warmte of koude op in de bodem voor later gebruik (in combinatie met een warmtepomp). • Wek warmte of stroom op met zonnecollectoren of zonnepanelen. • Wek stroom op met een kleine windturbine op het erf. • Zie ook hoofdstuk 6.	• Wek zelf tegelijkertijd elektriciteit en warmte op (HRe-ketel in woningen of warmte/krachtkoppelingcentrale voor grotere complexen). • Gebruik afvalwarmte van de industrie of van energiecentrales (stadsverwarming). • Wissel zelf warmte of koude uit met omliggende gebouwen. • Zie ook hoofdstuk 6 over de HRe-ketel.

Tabel 1. Vierstappenstrategie voor duurzaam energiegebruik in historische gebouwen

dan met dubbel glas. Zorg wel dat er nog voldoende ventilatiemogelijkheden overblijven. Alle gebouwen tot de jaren 20-30 van de vorige eeuw – zogeheten traditionele gebouwen – hebben namelijk ongeveer twee keer zo veel ventilatie nodig als moderne gebouwen.
Behalve door kieren gaat ook veel warmte verloren door schoorstenen. Is de haard niet regelmatig in gebruik, sluit dan de schoorsteen af met bijvoorbeeld een schoorsteenballon. Dit bespaart tot wel 10 procent op de stookkosten. Houd in de schoorsteen wel een kleine opening vrij voor de nodige ventilatie.
Onverwarmde serres, klompenhokken, tochtportalen en eventueel zolders vormen bufferruimten tussen verwarmde ruimten in huis en het buitenklimaat. Hierdoor zorgen ze ervoor dat er aanzienlijk minder warmte verloren gaat.

Het is vaak risicovol om traditionele gebouwen te isoleren, omdat ze anders in elkaar zitten dan moderne gebouwen en hierdoor anders omgaan met vocht. Isolatie kan dan leiden tot vochtophoping in materialen en constructies. Kijk daarom eerst of isolatie mogelijk is op plekken waar dit iets minder risico's oplevert. Dit geldt voor het isoleren van kappen op vloerniveau, het isoleren van overige vloeren en het isoleren van ramen met achterzetbeglazing. Bewaar de risicovolste vormen van isolatie voor het laatst, zoals het isoleren van gevels en van de schuine delen van kappen.

Naast de energiebesparingsmaatregelen die zijn besproken in dit hoofdstuk, zijn er meer mogelijkheden. In de stappen 3 en 4 in Tabel 1 ziet u wat u nog meer kunt doen.

2 Systemen voor warmte uit zonlicht

Zonlicht opvangen voor het verwarmen van kraan- en douchewater. Dat kan met zonnewarmtesystemen. Deze systemen bestaan uit tal van onderdelen, die niet alleen op het dak zitten, maar voor een groot deel ook binnen in het gebouw. De verschillen tussen zonnewarmtesystemen zijn groot. De ene installatie is veel geschikter voor een historisch dak dan de andere. Het is dus belangrijk om het passendste systeem te kiezen.

Een zonnewarmtesysteem, vaak ook zonneboiler genoemd, verwarmt met zonlicht het water voor in de keuken en badkamer. Zo'n systeem levert tijdens de zomer alle energie die daarvoor nodig is. Over het hele jaar genomen gaat het om ongeveer 50 procent van de energie. Dit geldt voor installaties die de juiste afmetingen hebben en correct gebruikt worden. Zijn de grootte en/of het gebruik niet optimaal, dan kan de opbrengst lager uitvallen.
De installatie kan het water dat door de zon is opgewarmd, maar een beperkte tijd op temperatuur houden. Daarom zijn zonnewarmtesystemen vooral interessant voor woningen waarvan de bewoners vrij veel warm water verbruiken, bijvoorbeeld bij gezinnen met kinderen. Kleine huishoudens met een kleiner warmwaterverbruik hebben vaak minder baat bij een zonnewarmtesysteem. Hetzelfde geldt voor veel gebouwen met andere functies dan wonen. In deze gevallen weegt de kostenbesparing niet op tegen de investering.

Een zonnewarmtesysteem bestaat uit zes hoofdonderdelen:
- een *zonnecollector* op het dak of het erf die zonlicht opvangt en daarmee een vloeistof verwarmt die door de collector loopt;
- een metalen *ondersteuningsconstructie* waar de collectoren op vastzitten;
- *leidingen* om de verwarmde vloeistof uit de collector te transporteren naar een watervoorraadvat, waar een warmtewisselaar de warmte afgeeft aan het water;
- het genoemde *voorraadvat* om warm water op te slaan;
- een *circulatiepomp* om de warmtetransporterende vloeistof rond te pompen tussen de collector en het watervoorraadvat;
- een aparte *naverwarmer* – vaak een cv-ketel – voor de dagen dat de zon niet voldoende warmte levert.

Hoewel dit nog weinig gebeurt, kan een zonnewarmtesysteem met extra zonnecollectoren erbij ook de verwarming van het huis ondersteunen. Zonnecollectoren kunnen dan zo'n 15 tot 25 procent van de energie leveren voor de verwarming van een woning. De rest moet komen van een ander verwarmingssysteem, bijvoorbeeld een cv-ketel op gas of een duurzaam systeem zoals een houtgestookte cv-ketel of een (hybride) warmtepomp.

Zonnecollectoren

Het opvallendste onderdeel van zonnewarmtesystemen is de collector op het erf of het dak, die de zonnewarmte opvangt. Daarvan bestaan verschillende typen. De twee belangrijkste zijn de vlakkeplaatcollector en de vacuümbuiscollector. De eerste heeft de vorm van een ondiepe, geïsoleerde bak met een glazen afdekplaat (zie de afbeelding hiernaast). De tweede bestaat uit een rij van naast elkaar geplaatste vacuüm gezogen buizen van glas (zie hiervoor de afbeelding op pagina 22). Het vacuüm werkt hier als isolator. Een tussenvariant waarop we hier niet verder ingaan, is de vlakkeplaatvacuümcollector. Deze lijkt sterk op de vlakkeplaatcollector, maar hierbij staat de ondiepe bak onder vacuüm door een goede dichting.

Omzettingsrendement

Het omzettingsrendement geeft aan hoeveel van de energie die de collector opvangt, daadwerkelijk wordt omgezet in warm water. Voor een vlakkeplaatcollector ligt dit tussen 45 en 80 procent, voor een vacuümbuiscollector tussen 55 en 75 procent. Het rendement is dus niet altijd hetzelfde. Ligt de temperatuur van de collector dicht bij de buitentemperatuur, dan is het rendement het hoogst. Maar ligt de temperatuur van de collector hoger dan de buitentemperatuur, dan daalt het rendement. Vaak ligt het rendement rond 65 procent.

Visuele gevolgen voor de historische omgeving

De vlakkeplaatcollector neemt vaak een iets groter deel van het dak in, maar hier staan twee belangrijke voordelen tegenover voor de historische omgeving. Ten eerste valt deze collector minder op door zijn gelijkvormige oppervlak, omdat de collector wordt afgedekt met een glasplaat. Ten tweede veroorzaken sommige modellen van deze collector vrij weinig reflectie door een antireflectielaag op deze glasplaat. Let er wel op dat niet alle modellen een even goede antireflectielaag hebben. Voor alle modellen geldt dat de afdekplaat van gehard glas is, zodat die niet snel breekt.

De vacuümbuiscollector is weliswaar iets kleiner, maar heeft als belangrijk nadeel dat hij veel meer in het oog springt dan een plaatcollector. Dit komt door de lange rij van vrij liggende glazen buizen. Dit opvallender uiterlijk maakt de vacuümbuiscollector zelden geschikt voor historische schuine daken; een vlakkeplaatcollector valt op een schuin dak minder op en is dus een betere keus. Bij een plat dak ligt dit echter anders. Alleen de vacuümbuiscollector is volledig horizontaal te plaatsen, waardoor deze op platte daken gemakkelijker uit het zicht blijft. Dit is een belangrijk punt in een historische omgeving. Schat wel in of er risico is op breuk, want de vacuümbuiscollector is iets kwetsbaarder dan de plaatcollector. De glazen buizen breken namelijk snel als er iets hards op valt.

	Vlakkeplaatcollector	Vacuümbuiscollector
omzettingsrendement	45-80%	55-75%
aanschafkosten	goedkoper	duurder
grootte	iets groter	iets kleiner
kwetsbaarheid	niet snel breekbaar	sneller breekbaar door vrij liggende glazen buizen
verwachte levensduur	25-30 jaar	15-20 jaar
visuele gevolgen	minder opvallend ontwerp op schuine daken; soms veel reflectie door de glazen afdekplaat	opvallender ontwerp op schuine daken; blijft op platte daken beter uit het zicht door volledig horizontale plaatsing
mogelijke aanpassingen	minder reflectie door een betere antireflectielaag op de glazen afdekplaat	-

Tabel 2. Kenmerken van de twee belangrijkste typen zonnecollectoren

Omvang zonnecollector
Standaard is een zonnecollector op het erf of het dak nodig van circa 3 tot 4 vierkante meter. Dit komt overeen met een watervoorraadvat in het gebouw van ongeveer 100 liter. Grofweg neemt het oppervlak van de collector met 1 vierkante meter toe voor elke 35 tot 40 liter dat het voorraadvat groter is.

Beveiliging tegen bevriezing
In de winter kan de vloeistof in de collector bevriezen, en dan vriest de collector stuk. Om dit te voorkomen, werken sommige systemen met een antivriesmiddel in de collectorvloeistof. Veel systemen werken echter anders, namelijk met zogeheten teruggloopsystemen. Die laten bij vorstgevaar de vloeistof uit de collector teruglopen naar een speciaal reservoir binnen in het gebouw. Hierdoor zit er geen vloeistof in de collectoren en de leidingen als het vriest.
Dit laten teruglopen van de vloeistof werkt echter alleen als de collectoren hoog op het schuine dak zitten, namelijk ruim boven het hoogste punt van het reservoir waarin de vloeistof terugloopt. Systemen kunnen tijdens vorst alleen leeglopen als het terugloopreservoir een verdieping lager komt te staan dan de collectoren onder aan op het dak. Dit is een belangrijk nadeel voor historische daken, want hoe hoger ze op het dak staan, hoe meer collectoren opvallen. Systemen met een antivriesmiddel hebben als voordeel dat ze laag op een schuin dak altijd functioneren.

Specifieke collectortypen
Sommige collectortypen zijn meestal niet geschikt voor historische gebouwen, bijvoorbeeld de nokcollector of warmtenok. Dit is een lange, buisvormige collector die op de plaats komt van de nok van het dak. Onder de transparante, halfronde kap lopen twee in elkaar gemonteerde buizen. De binnenste buis bevat de watervoorraad, terwijl de buitenste buis de zonnewarmte opneemt. Op historische gebouwen is de nokcollector geen optie. Niet alleen zitten ze altijd in het zicht, maar ook de historische materialen in de daknok kunnen niet behouden blijven.

Ook weinig geschikt zijn systemen die niet werken met een collector, maar warmte onttrekken aan de dakbedekking. Dit gebeurt met een leidingenstelsel dat onder de dakbedekking wordt geplaatst, in of op het isolatiemateriaal. Zo'n dakpakket met een ingebouwde collector heet ook wel een zonthermisch dak. Het systeem kan warm kraanwater niet helemaal opwarmen tot de juiste temperatuur, maar wel voorverwarmen. Het wordt vooral gebruikt in combinatie met een warmtepomp, omdat een lage temperatuur dan volstaat.
Bij historische daken is zo'n systeem meestal een te grote ingreep in de materialen en constructies. Het kan echter juist wel een optie zijn bij het reconstrueren van ooit verdwenen zinken roevendaken, iets wat veel voorkomt bij negentiende-eeuwse villa's en serres. Daken van bitumen kunnen soms een andere mogelijkheid zijn. Hierbij wordt het dak wel aanzienlijk dikker door het isolatiepakket met ingebouwd leidingenstelsel. Bij monumenten kan deze extra dikte soms problemen opleveren op plekken waar het dak aansluit op andere onderdelen van het gebouw.

Bij de compacte zonnecollector staat het voorraadvat met water niet los in het gebouw, maar zit dit binnen in of boven op de zonnecollector op het dak. Het hele systeem is daardoor weliswaar compacter, maar ook zwaarder, groter en hoger. Hierdoor manifesteert een compacte zonnecollector zich nadrukkelijker. Daar komt bij dat dit type collector soms op een opvallende plaats op het dak staat, namelijk dicht tegen of iets boven de nok. Door zijn opvallender vorm, formaat en plaats is de compacte zonnecollector zelden geschikt voor een historisch dak.

Watervoorraadvat
Het voorraadvat of boilervat is een goed geïsoleerd waterreservoir

waarin het water op temperatuur komt. Koud water opwarmen met een zonnecollector gaat niet snel. Het voorraadvat zorgt ervoor dat het langzaam opgewarmde water op elk moment toch meteen is af te tappen. De grootte van het voorraadvat hangt af van de warmwaterbehoefte in keuken en badkamer. Standaard is een voorraadvat nodig van ten minste 100 liter. In grotere gebouwen met een grote vraag naar warmte kan de inhoud oplopen tot 200 tot 300 liter, of soms nog hoger.

Monumenten moeten over voldoende ruimte beschikken voor het voorraadvat, vooral in de hoogte. Voorraadvaten zijn namelijk smal en hoog, want in een smal en vooral hoog vat kan het water het beste worden opgewarmd. Grotere vaten van 200 tot 300 liter kunnen meer dan 2 meter hoog zijn. Bij kleinere vaten van 100 liter komt de hoogte meestal uit op 1 meter. Ook voor de leidingen en aanvullende regelapparatuur is ruimte nodig. Soms is die ruimte in een monument er niet, of is er alleen met veel ingrepen ruimte te maken, wat een risico inhoudt voor de historische materialen en constructies.
Is de beschikbare hoogte gering, dan is het vat eventueel liggend te plaatsen, maar dit heeft als nadeel dat het water tot 40 procent minder warmte kan opnemen. Er zijn ook speciale horizontale voorraadvaten verkrijgbaar, wat een veel betere optie is.

Als zonnecollectoren ook helpen om het huis te verwarmen, neemt het systeem nog meer ruimte in beslag. Houd dan rekening met een collectoroppervlak van minstens 10 tot 15 vierkante meter en een voorraadvat van meer dan 500 tot 1000 liter. Bedenk dat de beschikbare of geschikte ruimte hiervoor snel kan ontbreken, vooral in kleinere woonhuismonumenten. Ook het gewicht van zeer grote vaten kan een probleem zijn.

Historische kolen- of olieverwarmingsinstallaties beschikken ook vaak over een voorraadvat voor warm kraanwater, maar zo'n vat is maar heel zelden te gebruiken voor een zonnewarmtesysteem.

Naverwarmer

Vanuit het voorraadvat stroomt het opgewarmde water via een naverwarmer naar de kraan. De naverwarmer stookt het water op tot minimaal 60 graden Celsius, als de zonnecollector geen water van deze temperatuur kan leveren. Dit komt voor op minder zonnige dagen. Ook kan de naverwarmer bijspringen als er tijdelijk veel warm water nodig is.

Met enkele aanpassingen kan het bestaande warmwatertoestel vaak dienst doen als naverwarmer. Bijvoorbeeld de cv-combiketel, gewone cv-ketel of modulerende badgeiser die al in het gebouw zit. Warmwatertoestellen die u kunt combineren met een zonnecollector herkent u aan het NZ-label. De letters NZ staan voor naverwarming zonnecollector. Dergelijke ketels zijn op een aantal manieren voorbereid om samen te werken met zonnecollectoren. Is het bestaande warmwatertoestel van historische waarde, stel bij eventuele ingrepen dan behoud van het toestel voorop. De bescherming van monumenten strekt zich namelijk ook uit tot de historische installaties daarbinnen.

Het is niet verstandig om een zonnewarmtesysteem te combineren met een verouderde cv-ketel. Kijk dan of een nieuwe, zuiniger ketel niet beter uitpakt. Er is namelijk meer geld en energie te besparen door een zonnecollectorensysteem aan te laten sluiten op een nieuwe ketel met een hoog rendement.

Combinatie van zonnecollector en zonnepaneel

Behalve zonnecollectoren om water te verwarmen en zonnepanelen om elektriciteit op te wekken, zijn er ook systemen die beide toepassingen combineren. Deze noemen we ook wel PVT-collectoren of hybride zonnecollectoren. Gewone zonnepanelen zetten ongeveer 15 procent van het zonlicht dat erop valt, om in elektriciteit. De rest gaat verloren als warmte. De warmte die een zonnepaneel afgeeft, is ook te gebruiken voor het verwarmen van water. Dit doen PVT-systemen door water te leiden langs de achterkant van een paneel met zonnecellen.

Het rendement van de elektriciteitsproductie is ongeveer gelijk en van de warmteproductie wat lager dan van beide systemen afzonderlijk, maar de totale energieproductie kan tot ongeveer 40 procent hoger zijn. Zit er aan de voorkant van de collector een glazen afdekplaat, dan levert een PVT-systeem voldoende hoge temperaturen om kraanwater volledig te verwarmen. Systemen zonder een glazen afdekplaat halen alleen lage temperaturen.

PVT-collectoren hebben minder gevolgen voor een historisch dak, omdat er maar één systeem nodig is in plaats van twee verschillende. De totale installatie is hierdoor niet alleen kleiner, maar bestaat ook uit onderdelen met hetzelfde formaat en vorm. Dit valt altijd minder op dan twee aparte systemen met verschillende afmetingen en vormen. Hier staat wel tegenover dat PVT-collectoren dikker en zwaarder zijn dan gewone zonnepanelen of -collectoren. Ook komen er leidingen bij. Het gewicht kan ze te zwaar maken voor sommige historisch daken, en de dikte en het leidingwerk soms te opvallend.

3 Systemen voor elektriciteit uit zonlicht

Zonnestroomsystemen kunnen zonlicht omzetten in elektriciteit. Het belangrijkste en grootste onderdeel van deze systemen zit op het dak: zonnepanelen waarin zonnecellen stroom maken uit zonlicht. Binnen in het gebouw zitten alleen kleine onderdelen en verandert er dus niet veel. Het uiterlijk van zonnepanelen is verschillend en niet elk paneel is even opvallend. Het is belangrijk het passendste type te kiezen. Stroomproducerende bouwmaterialen zijn zelden een betere keus dan zonnepanelen.

Zonlicht laat zich rechtstreeks omzetten in elektriciteit met een zonnestroomsysteem. Zonnepanelen zijn het bekendste middel om zonlicht op te vangen voor het opwekken van elektriciteit.

Soorten zonnecellen

Zonnestroom wordt opgewekt met zonnecellen. Eén enkele cel levert heel weinig stroom op, en daarom worden veel cellen bij elkaar geplaatst op bijvoorbeeld een zonnepaneel. Zonnecellen zijn meestal gemaakt van silicium. Hiermee zijn drie typen zonnecellen te maken: cellen van monokristallijn silicium, cellen van polykristallijn silicium en cellen van amorf silicium. De laatste worden ook dunnelaagzonnecellen genoemd. Deze drie typen verschillen in rendement, verwachte levensduur en standaardkleuren.

Omzettingsrendement per type zonnecel

Het omzettingsrendement geeft aan hoeveel zonne-energie het systeem omzet in elektriciteit. Hoe hoger dit percentage, hoe meer zonlicht de zonnecel omzet in stroom. Het omzettingsrendement is het hoogst bij cellen van monokristallijn silicium: meestal 13 tot 17 procent. Dit rendement kan oplopen tot rond de 20 procent, maar dit is minder gebruikelijk. Hierna volgen cellen van polykristallijn silicium met 11 tot 15 procent, en daarna cellen van amorf silicium met 5 tot 8 procent. Door technische verbeteringen stijgen deze rendementspercentages voortdurend, maar dit gaat heel langzaam en pas in de laatste tien jaar sneller.

Op een historisch dak mag de installatie niet te groot zijn. Bij een lager rendement is echter een groter oppervlak nodig om dezelfde hoeveelheid stroom op te wekken. Met cellen van amorf silicium is een twee keer zo groot oppervlak nodig als met cellen van kristallijn silicium. Wel zijn met amorf materiaal een aantal bijzondere toepassingen mogelijk, die niet kunnen met kristallijne cellen. Verder zijn amorfe cellen voor hun rendement minder afhankelijk van een goede oriëntatie op de zon dan kristallijne cellen.

In dezelfde volgorde waarin het rendement afloopt, daalt ook de levensduur. Monokristallijne cellen gaan naar verwachting het langst mee, amorfe het kortst (zie tabel 3).

Meer en minder opvallende standaardkleuren

Zonnecellen zijn leverbaar in een klein aantal standaardkleuren. Kijk ook hiervoor in tabel 3. Vaak gaat het om opvallende kleuren. Polykristallijn materiaal valt daarbij extra op door allerlei kleurschakeringen. Alleen monokristallijn materiaal kent twee minder opvallende standaardkleuren: donkergrijs en zwart. Ook amorf materiaal wordt geleverd in de minder opvallende standaardkleur zwart.

Naast de genoemde standaardkleuren zijn ook speciale, aangepaste kleuren mogelijk, bijvoorbeeld in de kleur van de omringende dakpannen. Het rendement is dan echter wel lager. Hoeveel lager precies, verschilt per kleur, maar ligt meestal tussen de 10 en 30 procent. Voor monumenten en beschermde gezichten komen meestal alleen zonnepanelen in aanmerking met een kleur die minder opvalt: een van de twee onopvallende standaardkleuren donkergrijs of zwart, of een kleur die aan het dak is aangepast. Zonnecellen in aangepaste kleuren zijn soms wel moeilijk te verkrijgen.

Zonnepanelen

De meeste huishoudens wekken met zonnepanelen een kleiner of groter deel van de stroom op die ze in een jaar verbruiken. Zonnepanelen leveren per vierkante meter vier keer minder energie dan zonnecollectoren, maar bij panelen gaat het om elektrische energie en bij collectoren om warmte. Door hun lage rendement zijn er veel zonnepanelen nodig, die dus ook veel ruimte innemen op het dak. Het plaatsen van grote aantallen zonnepanelen is op sommige daken onmogelijk en op historische daken meestal ongewenst.

Systeemopbrengst

Tien vierkante meter zonnepanelen – dat zijn zes panelen – leveren in een jaar bijna 1300 kilowatturen aan elektriciteit. Dit is een derde van wat een gemiddeld gezin van 2,3 personen jaarlijks aan stroom verbruikt. Deze opbrengst geldt voor de meest ideale situatie: een schuin dak met een hellingshoek van 36 graden, vrijwel pal georiënteerd op het zuiden en zonder schaduwval van bijvoorbeeld schoorstenen, dakkapellen of bomen.
De stroomopbrengst is kleiner bij een andere hellingshoek, een andere oriëntatie ten opzichte van de zon of bij schaduw op het paneel. Ook met de jaren neemt de opbrengst iets af. Ieder jaar daalt deze voor de meeste panelen met een half procent, wat na 25 jaar uitkomt op 12,5 procent minder rendement.

Bij woonhuismonumenten met veel bewoners is het geschikte dakoppervlak vaak te klein om met zonnepanelen genoeg bij te dragen aan de vraag naar stroom. Dit speelt vooral in panden die per etage worden verhuurd of bewoond. Te veel personen moeten

dan de opbrengst delen. In zo'n situatie zijn andere duurzame installaties en voorzieningen meestal een betere keus.

Toepassing en onderdelen
Zonnestroomsystemen leveren alleen elektriciteit bij daglicht. De geleverde stroom gebruikt de bewoner in eerste instantie zelf. Stroom die een bewoner niet meteen gebruikt, kan hij aan het elektriciteitsnet leveren. Daarom zijn de meeste systemen gekoppeld aan het openbare elektriciteitsnet. Deze netaansluiting is ook nodig, omdat de hoeveelheid zonlicht steeds verandert en daarmee ook de stroomproductie van panelen. Zonnestroominstallaties die op het elektriciteitsnet zijn aangesloten, bestaan uit vijf hoofdonderdelen:
- enkele *zonnepanelen* op het erf of het dak, die zonlicht opvangen en omzetten in elektriciteit;
- een metalen *ondersteuningsconstructie* waarop de verschillende panelen vastgezet zijn;
- een of meer *omvormers* die de door het systeem geleverde gelijkstroom omzetten in wisselstroom, waarop de meeste huishoudelijke apparaten werken;
- *elektriciteitskabels* die lopen tussen de verschillende zonnepanelen, van de panelen naar de omvormer(s) en van de omvormer(s) naar de meterkast;
- een *meter* die aangeeft hoeveel stroom het systeem aan het net levert.

Van al deze onderdelen nemen alleen de zonnepanelen veel plek in. Daardoor hangt veel af van de ruimte die het erf of het dak hiervoor bieden. Het voordeel van zonnestroomsystemen is dat er geen leidingen of grote toestellen nodig zijn, alleen stroomkabels naar de elektrische installatie van het pand en wat kleinere apparatuur. Hierdoor zijn er vrij weinig aanpassingen nodig aan de binnenkant van een monument.

Meer en minder opvallende reflectie
Zonnepanelen bestaan uit een plaat met zonnecellen die elektriciteit leveren zodra er zonlicht opvalt. Daaroverheen zit een glasplaat ter bescherming. Ook al zit er op dit glas altijd een antireflectielaag, toch veroorzaken zonnepanelen veel reflectie. Zeker vergeleken met de matte materialen zoals dakpannen op veel historische daken.
Sommige antireflectielagen slagen er iets beter in om deze reflectie terug te dringen. Dit heeft geen enkel gevolg voor het rendement. Een zo gering mogelijke reflectie is vrijwel altijd belangrijk bij zonnepanelen op een historisch gebouw of in een beschermd gebied.

Meer en minder opvallende rasterpatronen en randen
In een zonnepaneel liggen de zonnecellen op enige afstand van elkaar tegen een standaard witte achtergrond. Hierdoor ontstaat tussen de donkere cellen een raster van witte lijnen. Er bestaan echter ook zonnepanelen zonder dit opvallende rasterpatroon. De cellen zitten dan op een donkere achtergrond, waardoor een egaal kleurvlak ontstaat, dat veel minder opvalt. Wel lopen over elke zonnecel twee duidelijk zichtbare dikke zilveren lijnen. Dit zijn de elektrische contacten.

Voor de stevigheid zit om veel zonnepanelen een aluminium rand. Standaard blijft het aluminium blank, waardoor deze randen zich sterk aftekenen tegen het omringende dakvlak. Door het aluminium in een donkere kleur te moffelen, vallen de randen veel minder op. Een andere mogelijkheid zijn speciale zonnepanelen waar geen rand omheen zit.
Een onzichtbaar raster en donkergekleurde randen zijn vaak belangrijke en noodzakelijke aanpassingen voor zonnepanelen op monumenten en in beschermde gezichten.

Stroomproducerende bouwmaterialen
Behalve met zonnepanelen, kan ook stroom worden opgewekt met bouwmaterialen waarin zonnecellen zijn verwerkt: *building integrated photovoltaics* of BIPV. Voorbeelden hiervan zijn speciaal glas, speciale dakpannen en leien en flexibele dakbedekkingsmaterialen. In het laatste geval gaat het om folies met zonnecellen die zitten op dakbedekking van bitumen, EPDM, kunststof of metaal. Deze folies zijn ook apart aan te brengen op bestaande daken van deze materialen.
Stroomproducerende bouwmaterialen zijn minder rendabel dan gewone zonnepanelen, want ze bestaan meestal uit minder zonnecellen of hebben minder efficiënte zonnecellen. Hierdoor leveren stroomproducerende bouwmaterialen per vierkante meter ongeveer de helft minder stroom dan zonnepanelen. Voor dezelfde hoeveelheid energie is daardoor een veel groter oppervlak nodig. Dit kan snel te overheersend worden, vooral op kleinere, historische daken.

Sommige stroomproducerende bouwmaterialen bevatten stijve plaatjes van zonnecellen gemaakt uit kristallijn silicium. In andere zit een dunne laag van zonnecellen, die meestal gemaakt is uit amorf silicium, soms uit koper-indium-diselenide (CIS) of cadmium-telluride (CdTe). Bij ronde vormen of flexibel materiaal gaat het altijd om de dunnelaagtechniek. Bouwmaterialen met kristallijne cellen vallen sterker op dan die met dunnelaagzonnecellen. Kristallijn materiaal is duidelijk zichtbaar als losse vierkante cellen verdeeld over het oppervlak. Dunnelaagzonnecellen zitten in een dun laagje op het oppervlak, waarbij bijna geen aparte cellen zijn te onderscheiden en ook de zilveren elektrische contacten nauwelijks te zien zijn. Hierdoor hebben dunnelaagzonnecellen een egale kleur zonder opvallende vierkante cellen of dikke zilveren lijnen.

	Monokristallijn silicium	Polykristallijn silicium	Amorf silicium (dunnelaag)
omzettingsrendement	ongeveer 13-17%	ongeveer 11-15%	ongeveer 5-8%
aanschafkosten	iets duurder	goedkoper	goedkoper
grootte	groot	iets groter	aanzienlijk groter
kwetsbaarheid	weinig kwetsbaar	weinig kwetsbaar	weinig kwetsbaar en soms ook beloopbaar
materiaal en gewicht	stijf (alleen rechte vormen) en zwaar	stijf (alleen rechte vormen) en zwaar	stijf of flexibel (rechte en gebogen vormen); flexibele materialen zijn licht
oriëntatie op de zon	belangrijk	belangrijk	minder belangrijk
verwachte levensduur	25-30 jaar	20-25 jaar	15-20 jaar
visuele gevolgen	veel reflectie, opvallende zonnecellen, opvallend wit raster, opvallende aluminium paneelrand, één opvallende standaardkleur (egaal donkerblauw) en twee minder opvallende standaard-kleuren (egaal donkergrijs en zwart)	veel reflectie, opvallende zonnecellen, opvallend wit raster, opvallende aluminium paneelrand en opvallende standaardkleur (helder blauw in onregelmatige schakeringen)	weinig of veel reflectie, onopvallende zonnecellen, twee opvallende standaardkleuren (egaal diepbruin en goud) en één minder opvallende standaardkleur (egaal zwart)
mogelijke aanpassingen	geen wit raster, onopvallende paneelrand, soms iets minder reflectie en andere kleuren mogelijk	geen wit raster, onopvallende paneel-rand, soms iets minder reflectie en andere kleuren mogelijk	onopvallende paneelrand, soms iets minder reflectie en andere kleuren mogelijk
toepassingen	gewoon zonnepaneel, glas, dakpannen en leien (deze specifieke bouw-materialen zijn er alleen in niet-historische vormen, maten, kleuren en materiaalsoorten)	gewoon zonnepaneel, glas, dakpannen en leien (deze specifieke bouwmaterialen zijn er alleen in niet-historische vormen, maten, kleuren en materiaalsoorten)	gewoon zonnepaneel, glas, dakpannen, leien, flexibele (folies voor) dakbedekkingsmaterialen (deze specifieke bouwmaterialen zijn er alleen in niet-historische vormen, maten, kleuren en materiaalsoorten)

Tabel 3. Kenmerken van de belangrijkste typen zonnecellen voor in de historische omgeving

Op glas kunnen deze cellen zo dun zijn dat het glas doorzichtig is (zie ook de afbeelding op pagina 4).

Folies en andere flexibele bouwmaterialen zijn per vierkante meter goedkoper dan gewone zonnepanelen, maar daar staat een aanzienlijk lager rendement tegenover. Hierdoor zijn er meer vierkante meters nodig om dezelfde hoeveelheid stroom op te wekken als met gewone panelen. Dit maakt dat flexibele systemen uiteindelijk toch duurder zijn dan gewone panelen.
Een systeem met stroomproducerende dakpannen of leien kost ongeveer twee keer zo veel als een vergelijkbaar systeem met zonnepanelen, hoewel u geld uitspaart omdat u minder gewone dakpannen of leien nodig hebt.

Bouwmaterialen met zonnecellen komen meestal in de plaats van het bestaande materiaal. Hierdoor gaat materiaal verloren, dat bepalend is voor het karakter en de cultuurhistorische waarde van het gebouw. Ook de uitstraling en het aanzien van het historische dak veranderen. Vorm, formaat, kleur, reflectie en materiaalsoorten van stroomproducerende bouwmaterialen wijken namelijk meestal sterk af van de dakbedekking op historische daken.

Ook stroomproducerende folies die worden verkleefd met het bestaande dakmateriaal, veranderen op zijn minst het aanzien van het materiaal.
Daardoor zijn stroomproducerende bouwmaterialen eigenlijk alleen een oplossing als het bestaande dakbedekkingsmateriaal niet van historische waarde is – waardoor verlies ervan geen probleem is – én als de constructie uit het zicht blijft. Dit komt vooral voor bij platte daken met dakbedekkingsmaterialen die kort meegaan, zoals bitumen. Ook bij nieuwbouw, nieuwe aanbouwen en andere nieuwe toevoegingen liggen er vaak goede kansen. Daar vallen stroomproducerende bouwmaterialen vaak minder op dan gewone zonnepanelen en vervangen ze geen onderdelen die cultuurhistorisch waardevol zijn.

4 Rekening houden met cultureel erfgoed

Om iets te veranderen in een historische omgeving is het belangrijk om meer te weten over de achtergronden van het cultureel erfgoed. Dan kunt u gerichter rekening houden met de bijzondere waarde en betekenis ervan. Dit geldt ook bij het plaatsen van zonne-energie-installaties. Wat maakt monumenten en beschermde gezichten waardevol? En hoe houdt u daar het beste rekening mee als u zelf energie wilt opwekken uit zonlicht?

Het is soms mogelijk om zonne-energie-installaties te plaatsen op monumenten en binnen beschermde stads- en dorpsgezichten. De mogelijkheden verschillen echter per situatie. Dit hangt nauw samen met de cultuurhistorische waarde of betekenis van een als monument aangewezen gebouw of een beschermd stads- of dorpsgezicht. Bij het plaatsen van een zonne-energie-installatie is het belangrijk om die waarde te behouden. Bij monumenten gaat het daarbij niet alleen om de voorkant, maar om het hele gebouw inclusief de binnenkant.

Cultuurhistorische waarden

De cultuurhistorische waarden van een monument kunnen zitten in allerlei kenmerken van het gebouw en zijn omgeving. Bijvoorbeeld in de oorspronkelijke functie van het gebouw, in de toegepaste bouwstijl, in de vorm van de plattegrond, in de constructie, de gebruikte materialen, de details en afwerking van het gebouw, in de indeling en aankleding van het interieur, in de technische installaties van het gebouw en in de ligging in de omgeving. De combinatie van deze kenmerken bepaalt de cultuurhistorische waarden. Daarbij kan een extra rol spelen hoe zeldzaam of ongeschonden een monument is.
Bij beschermde stads- en dorpsgezichten draait het vooral om het karakter, de functie en het uiterlijk van de gebouwen hierin en de bijdrage die zij leveren aan de stad, het dorp of het landschap. Ook ruimtelijke waarden zoals de stedenbouwkundige of landschappelijke situatie spelen hierbij een rol. Bij stads- en dorpgezichten gaat het daarom niet alleen om de voorgevel van een gebouw, maar tellen ook de andere gevels en het dak mee.

Naast het gebouw kan ook het erf of het groen eromheen een belangrijke rol spelen. Tuinen, landerijen, parken en polders kunnen namelijk van cultuurhistorische waarde zijn. In de bodem van het perceel kunnen bovendien belangrijke archeologische resten voorkomen. Ook de archeologische waarde kan dus een rol spelen.

Gevolgen van zonne-energie-installaties

Vóór u begint aan zonne-energie is het belangrijk om informatie te verzamelen over de cultuurhistorische waarden van het monument en zijn omgeving. Hetzelfde geldt voor de historische of ruimtelijke waarden van een beschermd gezicht.

Contact opnemen met de gemeente: al in de eerste fase

De mogelijkheden voor zonne-energie hangen af van de cultuurhistorische waarde van een monument of beschermd gezicht. De monumentenambtenaar van de gemeente kan u vertellen wat per situatie mogelijk is.
Stap al met de eerste ideeën naar de gemeente, dus vóórdat u uw plannen concreet uitwerkt. Informeer ook naar de regels van de gemeente rond zonne-energie in de welstandsnota. Een aantal gemeenten beschikt over concrete richtlijnen voor zonne-energie-installaties op monumenten en in beschermde stads- en dorpsgezichten.

Niet elk onderdeel van deze gebouwen of gebieden is even waardevol. Als u een duidelijk beeld hebt van welke waarden het belangrijkst zijn, ziet u ook waar ruimte zit voor ingrepen of veranderingen. Zo kunt u bepalen of en waar een zonne-energie-installatie mogelijk is.

Om welke ingreep of verandering het ook gaat, voorop staat altijd dat de cultuurhistorische waarden niet onnodig verloren gaan. Deze waarden kunnen verloren gaan door de fysieke gevolgen en door de visuele gevolgen van een ingreep.

Fysieke gevolgen van installaties

Onder de fysieke gevolgen van installaties vallen historische materialen en onderdelen die verwijderd moeten worden. Ook gaat het om onderdelen en voorzieningen die moeten worden toegevoegd, geplaatst of gemonteerd. Dit geldt niet alleen voor de installatie zelf, maar ook voor zaken om installaties bereikbaar te maken voor bijvoorbeeld onderhoud. Ook graafwerkzaamheden in de grond rondom het gebouw kunnen fysieke gevolgen hebben, maar dan voor eventuele archeologie in de bodem.

Visuele gevolgen van installaties

Visuele gevolgen spelen op plaatsen waar zonne-energie-installaties komen vóór of in plaats van historische materialen en constructies op goed zichtbare plaatsen, zowel van dichtbij als van veraf. Hetzelfde geldt voor installaties die uitsteken boven de nok of daklijn. Zonne-energie-installaties op het erf kunnen visuele gevolgen hebben voor de omgeving van een historisch gebouw of voor een gebied. Dit speelt bij installaties die staan in belangrijke uitzichten op of vanuit het gebouw of het gebied. Ook geldt dit voor installaties die de ruimtelijke samenhang verstoren met andere gebouwen in de omgeving of met groene elementen zoals tuinen en parken. De visuele gevolgen strekken dus verder dan

het eigen gebouw of perceel, maar kunnen ook het straatbeeld of landschap eromheen aangaan.
Geluid, trillingen, luchtstromingen, condensatie en uitstoot zijn andere mogelijke gevolgen van installaties, maar deze spelen niet bij zonne-energiesystemen. Alleen condensatie kan soms wel optreden, maar dit komt niet voor bij de manier waarop men deze systemen meestal op monumenten plaatst.

Gevolgen verschillend per monument, omgeving en techniek
De gevolgen van een ingreep verschillen per monument, per omgeving, en ook per techniek. Naast zonne-energie zijn ook andere technieken voor duurzame energie mogelijk. Het hangt van de locatie en het gebouw af welke techniek het geschiktst is. Kijk goed naar de plus- en minpunten van een techniek voor het milieu én het monument. Zorg ervoor dat de keuze voor zonne-energie helder te onderbouwen is, zeker als alternatieve technieken minder ingrijpen in het monument. U leest hier meer over in hoofdstuk 6: *Duurzame alternatieven*.

Belang van zorgvuldige voorbereiding

Is de techniek geschikt voor het gebied of gebouw, dan is het daarna nog een kwestie van goed inpassen: door een goede plaatsing van de installatie en met een goed ontwerp beperkt u de fysieke en visuele gevolgen ervan. Een goede voorbereiding is hiervoor onontbeerlijk.
Bij een zonne-energiesysteem komt veel kijken. Begin daarom nooit zomaar, maar maak eerst een plan. Een geslaagd systeem vereist zorgvuldige keuzes over de plaatsing en het ontwerp van de installatie. Hebt u voldoende informatie voorhanden over de cultuurhistorische of ruimtelijke waarden van het gebouw of gebied, dan kunt u op grond hiervan:[1]

- fysieke of visuele ingrepen vermijden in de materialen of in het aanzien waaraan het gebouw en zijn omgeving hun waarde ontlenen;
- technische risico's voor materialen en constructies uitsluiten, zoals overbelasting;
- uw ideeën concreter uitwerken en de geschiktste maatwerkoplossing sneller vinden;
- alternatieve locaties opsporen op en rond het gebouw, die meer kansen en mogelijkheden bieden voor ingrepen;
- alternatieve oplossingen achterhalen, die beter passen bij het pand en waarbij minder cultuurhistorische waarden verloren gaan;
- ingrepen zo uitvoeren dat ze later eenvoudiger zijn terug te draaien, zonder blijvende schade aan historische materialen en constructies.

Belangrijke basisprincipes

Een zorgvuldig geplaatste en een goed ontworpen installatie houdt rekening met het erfgoed. Dit kan door een aantal algemene principes te volgen.

Basisprincipes bij plaatsing op het erf
Kijk op ruime percelen eerst of het mogelijk is om de installatie buiten te zetten op de grond, dus op het erf. Binnen beschermde gezichten en dicht bij monumenten gelden daarbij de volgende basisprincipes:[2]

- De zonne-energie-installatie is op de gewenste locatie goed te richten naar de zon, kan zonlicht opvangen zonder veel schaduw op de panelen of collectoren, en levert een relevante bijdrage aan het milieu.
- Door de installatie gaan geen cultuurhistorische of historisch-ruimtelijke waarden verloren voor het gebouw in zijn totaliteit, of voor het gebied in zijn geheel.
- Het aanzicht en de ruimtelijke samenhang van het perceel en het gebouw lijden niet onder de installatie.
- De installatie blijft zo veel mogelijk uit het zicht en staat op de minst waardevolle of kwetsbare delen van het perceel.
- De installatie heeft geen gevolgen voor belangrijke uitzichten op, vanuit of binnen het perceel.
- Eventuele graafwerkzaamheden leiden niet tot verstoring van het bodemarchief of tot verlies van archeologische waarden.

Wilt u deze basisprincipes vertaald zien in concrete uitgangspunten? Zie dan hoofdstuk 5: *Uitgangspunten voor een goede installatie*.

Basisprincipes bij plaatsing op het dak
Is het niet mogelijk om tegemoet te komen aan een of meer van de hiervoor genoemde principes voor plaatsing op het erf, overweeg dan de installatie op het dak te plaatsen. Bij gebouwen binnen beschermde stads- en dorpsgezichten en bij monumenten is het in de regel mogelijk om een zonne-energie-installatie op het dak te plaatsen, als voldaan is aan de volgende basisprincipes:[3]

- Het gas- en elektriciteitsverbruik is bij voorkeur al eerder verlaagd met alle mogelijke maatregelen die geschikt zijn voor het monument.
- De zonne-energie-installatie is op de gewenste locatie goed te richten naar de zon, kan zonder veel schaduw op de panelen of collectoren zonlicht opvangen en levert een relevante bijdrage aan het milieu.
- Door de installatie gaan geen cultuurhistorische of historisch-ruimtelijke waarden verloren voor het gebouw in zijn totaliteit, of voor het gebied in zijn geheel.

[1] Anon. (z.j.) *Installing modern services on heritage buildings including measures to enhance environmental sustainability*, Tasmanian Heritage Council, Hobart, p. 1.

[2] Anon. (2008) *Microgeneration in the historic environment.* English Heritage, Londen, p. 4–5.

[3] Anon. (2008) *Microgeneration in the historic environment.* English Heritage, Londen, p. 2.

- De plaatsing van het systeem heeft voor de gekozen locatie weinig visuele gevolgen en leidt niet tot verlies van waarden.
- De installatie – inclusief alle bijbehorende onderdelen – is niet zichtbaar vanuit belangrijke gezichtspunten op het gebouw en blijft uit het zicht vanuit de openbare ruimte; binnen beschermde stads- en dorpsgezichten verstoort de installatie ook geen belangrijke uitzichten op, vanuit of binnen het beschermde gezicht.
- Het uiterlijk van de installatie – waaronder grootte, vorm, kleur en reflectie – leidt niet af van het karakter van het gebouw en de omgeving.
- Plaatsing van de installatie leidt niet tot fysieke schade aan of verlies van belangrijke historische materialen en constructies.
- Kabels, leidingen en alle bijbehorende apparatuur zijn binnen in het gebouw onder te brengen, zonder schade aan of verlies van belangrijke historische materialen en constructies.
- Voor de zonne-energie-installatie bestaan geen geschikte alternatieve installaties of locaties met minder gevolgen voor de cultuurhistorische waarden, historisch-ruimtelijke waarden en de historische materialen en constructies.
- De installatie – inclusief alle kabels, leidingen en regelapparatuur – is in de toekomst zonder blijvende schade aan het gebouw te verwijderen, zodra deze bijvoorbeeld niet meer functioneert of overbodig is.

Wat deze basisprincipes concreet betekenen, leest u in hoofdstuk 5: *Uitgangspunten voor een goede installatie*.

Cultuurhistorische waarden verschillend per situatie

Elk monument is anders en getuigt van een eigen, individuele ontwikkeling en geschiedenis. Ook elke historische omgeving is verschillend. De mogelijkheden voor een zonne-energie-installatie verschillen hierdoor per situatie. Alleen als duidelijk is welke cultuurhistorische waarden er rond een monument of gebied spelen, krijgt u een helder beeld van de mogelijkheden. De gemeente kan vragen beantwoorden over wat belangrijk is aan een monument of gebied, en wat het gemeentelijke beleid toestaat.

5 Uitgangspunten voor een goede installatie

Wilt u zonnecollectoren of zonnepanelen plaatsen op of bij een monument of binnen een beschermd stads- of dorpsgezicht? Dan is een aantal punten belangrijk om op te letten. Daarbij gaat het niet alleen om de cultuurhistorische waarden van een pand of gebied, maar ook om technische aspecten. In dit hoofdstuk loopt u deze aandachtspunten na in vier stappen. Dit maakt het eenvoudiger om uw plannen concreet uit te werken.

Zonnepanelen en zonnecollectoren zijn niet zomaar te plaatsen op monumenten of op panden in een beschermd stads- of dorpsgezicht. Het is altijd een kwestie van afwegen. Om die afweging goed te maken, hebt u kennis nodig van de specifieke waarden van het gebouw en van de gemeentelijke regels. De gemeente kan hierbij helpen. In tabel 4 ziet u in vier stappen waar u in het algemeen rekening mee moet houden. Elke stap lichten we verderop in dit hoofdstuk toe. De paginanummers in de linkerkolom hieronder verwijzen naar deze toelichting.

Stap 1: Kies de juiste locatie	
Locatiekeuze (zie pagina 25)	• Zorg dat de zonne-energie-installatie, inclusief alle kabels en leidingen, op grondniveau uit het zicht blijft vanaf openbaar gebied, zoals straten, parken en grachten. • Plaats geen installaties op belangrijke delen van het perceel en belangrijke dakvlakken of daken van het gebouw. • Geef de voorkeur aan het erf boven het gebouw, platte daken boven schuine daken en onbelangrijke bijgebouwen boven het hoofdgebouw. • Plaats geen zonne-energie-installaties tegen historische gevels. • Plaats geen zonne-energie-installaties op bijzondere monumenten, op bijzondere daken en in een bijzonder dakenlandschap (zie hieronder). • *Mogelijke uitzonderingen: nieuwe aanbouwen of bijgebouwen van monumenten en nieuwbouw binnen beschermde gezichten.*
Uitzonderlijke monumenten (zie pagina 26)	• Plaats geen zonne-energie-installaties op uitzonderlijke monumenten met een speciale cultuurhistorische waarde of betekenis.
Bijzondere dakvormen en dakbedekkingen (zie pagina 36)	• Plaats geen zonne-energie-installaties op daken met bijzondere vormen, zoals ronde, spitse of veelhoekige daken. • Plaats geen installaties op daken met pannen in een bijzonder of decoratief patroon. • Plaats geen installaties op daken met bijzondere of kwetsbare materialen, zoals leien, riet, zeldzame typen dakpannen en metalen, zoals koper, zink en lood. • *Mogelijke uitzondering: kleine loden daken.*
Bijzondere daken-landschappen (zie pagina 26)	• Houd in waardevolle, historische dakenlandschappen zonne-energie-installaties uit het zicht vanuit hogere standpunten, zoals openbaar toegankelijke (kerk)torens, dijken en verhogingen in het terrein. • *Mogelijke uitzondering: niet-waardevolle daken binnen het historische dakenlandschap (vaak platte daken).*

Stap 2: Kies het juiste systeem	
systeemkeuze (zie pagina 26)	• Voor het zonne-energiesysteem bestaan geen alternatieve, duurzame installaties, met minder fysieke of visuele gevolgen voor het monument. • Kies geen systemen met een opvallende vorm, zoals vacuümbuiscollectoren, nokcollectoren en compacte collectoren. • Gebruik geen systemen die in de plaats komen van of verkleefd worden met historische materialen, zoals stroomproducerende dakpannen, leien, glas en folies. • Kies zonnecollectoren met een beveiliging tegen vorstschade, die ook werkt bij plaatsing laag op een dak. • Mogelijke uitzonderingen: daken uit het zicht van onbelangrijke, niet-historische materialen, nieuwe aanbouwen of bijgebouwen van monumenten en nieuwbouw binnen beschermde gezichten.

Stap 3: Beperk de fysieke en visuele gevolgen	
plaatsingswijze en plaats op dak of erf (zie pagina 27)	• Houd collectoren en panelen op erven en daken uit het zicht vanaf openbaar gebied (zie stap 1). • Laat collectoren en panelen niet inbouwen tussen de dakpannen, maar plaats ze als losse elementen erboven. • Plaats alle collectoren en panelen in dezelfde (staande) stand. • Plaats geen collectoren en panelen in het gedeelte onder de hoekkepers of boven de kilkepers van daken. • Plaats collectoren en panelen op het erf of op een plat dak in een regelmatige rangschikking. Plaats ze op een schuin dak in een aaneengesloten, rechthoekig of vierkant vlak. • Houd afstand tot de goot of dakvoet en tot de dakranden. • Houd afstand tot frontons, koepels, dakkapellen, daklichten en schoorstenen. • Lijn collectoren en panelen bij voorkeur uit met (de onderkant van) dakkapellen, dakramen en dergelijke. • Beperk de hoogte van installaties op het erf en plaats ze op schuine daken in de onderste dakhelft (niet bij mansardedaken). • Plaats collectoren en panelen bij voorkeur in het midden van de lengte van het achterdakvlak, op de achterste helft bij zijdakvlakken of op een plek die aansluit op de symmetrie of geleding van de onderliggende gevel. • Let op dat de installatie op erven geen belangrijke uitzichten doorbreekt, op, vanuit of binnen het perceel. • Scherm op erven de installatie zo veel mogelijk af met een haag of ander groen. • Mogelijke uitzonderingen: nieuwe aanbouwen of bijge bouwen van monumenten, nieuwbouw binnen beschermde gezichten en overige daken zonder cultuurhistorische waarde.
systeemgrootte (zie pagina 29)	• Laat collectoren en panelen alleen een klein deel van het erf of het dak bedekken om het karakter ervan zo veel mogelijk te behouden. • Houd daarbij rekening met al bestaande, andere elementen op het dak, zoals dakkapellen, dakramen en schoorstenen. Alle elementen samen spelen een ondergeschikte rol op het dakvlak. Hoe meer elementen al op het dak staan, hoe kleiner de mogelijkheden voor collectoren en panelen. • Mogelijke uitzonderingen: platte daken van hoge gebouwen binnen hun omgeving, schuine daken die altijd uit het zicht blijven zoals in zakgoten, nieuwe aanbouwen of bijgebouwen van monumenten en nieuwbouw binnen beschermde gezichten.
kleur en reflectie (zie pagina 30)	• Kies voor collectoren en panelen met zo min mogelijk reflectie en in een onopvallende standaardkleur (alleen donkergrijs of zwart) of een kleur die is aangepast aan het omringende dak. • Kies voor collectoren en panelen met randen in dezelfde terughoudende kleur en laat het witte rasterpatroon tussen de zonnecellen wegwerken, zodat een egale voorkant ontstaat (alleen bij zonnepanelen). • Zorg dat andere zichtbare onderdelen, zoals kabels, leidingen of bevestigingsmiddelen, niet afsteken in glans en kleur. • Mogelijke uitzonderingen: platte daken van hoge gebouwen binnen hun omgeving en schuine daken die altijd uit het zicht blijven, zoals vaak voorkomt bij zakgoten.
vervanging en onbruik (zie pagina 39)	• Zorg ervoor dat u zonne-energie-installaties later eenvoudig kunt verwijderen of vervangen zonder blijvende schade aan de materialen en constructies van het monument.

Stap 4: Regel de technische aspecten	
gewicht (zie pagina 30)	• Zorg dat de historische kapconstructie het gewicht van de installatie kan dragen, zonder versterkingen aan te brengen. • *Mogelijke uitzonderingen: beschermde gezichten en platte daken van monumenten zonder een bijzondere constructie.*
schaduw (zie pagina 31)	• Vermijd opbrengstverlies door schaduwval, vooral bij zonnepanelen, zonder de installatie hoog op het dak te plaatsen. • Kies in plaats daarvan voor technische oplossingen die het opbrengstverlies door schaduw beperken, bijvoorbeeld met een aangepaste serieschakeling, optimizers of micro-omvormers. • *Mogelijke uitzonderingen: nieuwe aanbouwen of bijgebouwen van monumenten, nieuwbouw binnen beschermde gezichten en historische daken die altijd uit het zicht blijven, zoals bij zakgoten.*
oriëntatie en helling (zie pagina 32)	• Plaats op beschermde gebouwen alleen zonne-energie-installaties waar deze voldoende opbrengen: op schuine daken alleen tussen zuidoost en zuidwest, of ook verder naar het westen of oosten op zeer flauwe daken en ook alle andere richtingen op platte daken bij collectoren en panelen in vrijwel horizontale stand. • Plaats de installaties op schuine daken onder dezelfde hoek als het dakvlak. • Plaats ze op platte daken onder een hoek waarbij het hoogste punt van de collectoren of panelen uit het zicht blijft vanuit openbaar gebied. • Plaats ze op platte daken evenwijdig aan de dakrand.

Vervolg stap 4: Regel de technische aspecten	
bevestiging (zie pagina 32)	• Bevestig collectoren en panelen bij voorkeur op het constructiehout van de kap zoals sporen of gordingen, zonder hulpconstructies aan de kap toe te voegen. • Bevestig het systeem op zo min mogelijk punten en houd de afstand tot het dakvlak zo klein mogelijk. • Houd afstand tot de windgevoelige zones van het dak langs de goot of dakvoet, de dakranden (en eventueel de nok). • Vermijd het op grote schaal verwijderen en weer terugleggen van historische dakpannen tijdens het plaatsen van het systeem.
leidingen, kabels en overige apparatuur (zie pagina 34)	• Laat leidingen en kabels binnen in het gebouw een route volgen die zo min mogelijk fysieke of visuele schade oplevert voor de historische constructies en materialen. • Gebruik alleen kabels die bestand zijn tegen weersinvloeden, verbindingen in leidingen die zeer hoge temperaturen kunnen weerstaan en bevestigingsmiddelen die corrosievast zijn. • Dicht gaten in het dak en dakbeschot met het juiste materi- aal, om regenwater buiten te houden en condensatie in de constructie tegen te gaan. • Groepeer alle kleinere apparatuur, zoals omvormers, op een onopvallende plaats en bevestig deze tegen een speciaal gemaakte houten onderconstructie. • Geef omvormers een goed geventileerde, stofvrije plek om opwarming en daarmee opbrengstverlies te voorkomen. • Houd rekening met (te verwachten) archeologische overblijfselen bij het graven van sleuven en funderingen voor zonne-energie-installaties op het erf.
onderhoud en veiligheid (zie pagina 37)	• Plaats zonne-energie-installaties zo dat u er goed bij kunt voor inspectie en eventueel onderhoud. • Kijk bij zonnepanelen of aarding, overspanningsbeveiliging en bliksembeveiliging zinvol is. • Scherm bij zonnecollectoren de leidingen met een speciaal isolatiemateriaal af tegen hun soms hoge temperatuur, om schroeischade te voorkomen.

Tabel 4. Het installatieproces van zonnepanelen en -collectoren in vier stappen

Locatiekeuze

Daken behoren tot de zichtbaarste delen van een gebouw. Dit maakt ze heel bepalend voor het beeld en het karakter van een gebouw en zijn omgeving. Elke installatie op een dak die zichtbaar is voor het publiek vanaf de straat of een ander openbaar gebied, heeft grote invloed op het aanzien van het gebouw en zijn omgeving. Dit gaat verder dan de grenzen van het eigen perceel, maar strekt zich uit tot het aanzien van de omringende bebouwing of het omringende landschap.

Naast zichtbaarheid voor het publiek doet het er ook toe waar u de zonne-energie-installatie precies plaatst. De invloed ervan op het karakter van het gebouw en de omgeving wordt meestal kleiner als u de installatie plaatst op:
- het erf, op enige afstand van het gebouw;
- platte daken, ook die van dakkapellen;
- cultuurhistorisch minder waardevolle bijgebouwen, zoals tuinbergingen en garages;
- cultuurhistorisch minder belangrijke vlakken van schuine daken, zoals vaak aan de achterkant;
- nieuwbouw, zoals moderne aanbouwen en serres.

De volgorde in de opsomming hiervoor geeft aan waar de beste kansen liggen voor zonne-energie. Vaak is het erf beter dan het gebouw, zijn platte daken beter dan schuine daken en onbelangrijke bijgebouwen beter dan het hoofdgebouw. Hoe cultuurhistorisch waardevoller of bijzonderder het gebouw of het dak, hoe belangrijker het is om de installatie verderop te plaatsen op het erf of op een minder waardevolle aanbouw of bijgebouw. Plannen voor nieuwbouw bieden vaak uitstekende kansen om zonne-energie toe te passen.

Buiten belangrijke delen en uit het zicht

Om het karakter van historische gebouwen en gebieden te sparen, moeten zonne-energie-installaties uit het zicht blijven van het publiek. Dit betekent dat ze niet zichtbaar mogen zijn vanaf de grond of het water van openbaar gebied, zoals wegen, paden, bruggen, parken, plantsoenen en grachten. Dit geldt voor de hele installatie, dus ook voor kabels, leidingen en metalen ondersteuningsconstructies. Daarnaast is het belangrijk de installatie te plaatsen op de minder belangrijke of waardevolle delen van het erf of het dak.

Laat installaties op erven ook niet de belangrijke uitzichten doorbreken op of vanuit het gebouw. Vermijd verder dat ze op erven de ruimtelijke samenhang verstoren met andere gebouwen of groene elementen.
Komen de installaties op het dak, plaats ze dan niet op dakvlakken

Grote verschillen in mogelijkheden

Voor zonne-energie-installaties op daken hangt veel af van de situering van het gebouw en de vorm van het dak. Naast gebouwen die van alle kanten representatief en goed zichtbaar zijn, zijn er ook gebouwen met een minder belangrijke en zichtbare zijde. Alleen de laatste lenen zich voor zonne-energie. Ook bepaalde dakvormen zijn geschikter voor zonne-energie dan andere. Op platte daken is het vrijwel altijd mogelijk om collectoren of panelen te plaatsen.
Hetzelfde geldt voor kappen met een plat middendeel, geknikte of mansardedaken die vanaf de straat niet zijn te zien, dubbele kappen met een zakgoot in het midden en sheddaken. Andere schuine daken zijn alleen een optie als het gaat om gebouwen met een minder belangrijke of representatieve zijde – vaak een achterkant – die bovendien uit het zicht zit voor het publiek. Wel kunnen de platte daken van dakkapellen een goede optie zijn, zolang u de collectoren of panelen hier vrijwel plat op legt.

die belangrijk zijn voor de architectuur, het karakter of het aanzien van het gebouw of voor de beleving en het aanzien van het stads- en dorpsbeeld. Hieronder vallen dakvlakken die prominent deel uitmaken van de architectuur, dakvlakken boven voorgevels en vaak ook dakvlakken boven zijgevels. Gebouwen met een vrij gelegen, zeer beeldbepalende positie in het stads- of dorpsgezicht hebben meestal rondom dakvlakken die belangrijk zijn voor het beeld of aanzien.
Het plaatsen van zonne-energie-installaties tegen historische gevels is altijd een te grote ingreep.

Uitzonderlijke monumenten

Een kleine groep van monumenten leent zich niet voor grote ingrepen. Ook zonne-energie-installaties zijn voor deze groep een te grote ingreep, ook al zouden ze uit het zicht van het publiek blijven, zijn de fysieke gevolgen gering en zijn alle wijzigingen later goed terug te draaien. Het gaat om monumenten met een architectuur- of cultuurhistorische waarde van uitzonderlijk of groot belang. Ook betreft het buitengewone, nauwelijks gewijzigde voorbeelden van een bepaalde periode, stijl of type gebouw of belangrijke voorbeelden hiervan met enige wijzigingen.
Zonne-energie-installaties gaan in beginsel wel samen met monumenten waarvan de architectuur- of cultuurhistorische waarde minder uitzonderlijk of groot is. Hetzelfde geldt voor minder belangrijke voorbeelden van een bepaalde periode, stijl of gebouwtype, zowel nog oorspronkelijk als veranderd.

Bijzondere dakenlandschappen

Een gebouw kan niet alleen een belangrijke bijdrage leveren aan het aanzien van de omringende bebouwing vanaf de grond, maar ook aan het 'landschap' van daken hoog boven de grond. In steden of dorpen met een waardevol historisch dakenlandschap speelt ook de zichtbaarheid van zonne-energie-installaties vanuit een hoger gezichtspunt. Installaties dienen dan niet alleen uit het zicht te blijven vanuit openbaar gebied vanaf de grond, maar ook vanaf hogere gezichtspunten zoals publiek toegankelijke (kerk) torens of hoge gebouwen in stads- of dorpskernen, vanaf de dijk in dijkdorpen en vanaf hoge punten in gebieden met grote hoogteverschillen.

Mogelijke uitzonderingen: nieuwe aanbouwen of bijgebouwen van monumenten en nieuwbouw binnen beschermde gezichten bieden andere mogelijkheden. Hier kunt u een zonne-energie-installatie ook plaatsen in het zicht van het publiek, of tegen gevels. Belangrijk is dan wel dat u de installatie meeneemt in het ontwerp, bijvoorbeeld met een heel dakvlak in minder opvallende stroomproducerende bouwmaterialen. Binnen een historisch dakenlandschap kunnen ook daken voorkomen die geen rol spelen in het beeld vanuit het hogere gezichtspunt. Bijvoorbeeld platte daken binnen een verder middeleeuws dakenlandschap. Het is soms mogelijk om hier collectoren of panelen op te plaatsen, zolang het publiek ze vanaf de grond niet kan zien.

Systeemkeuze

Historische materialen op daken zijn – zowel door hun materiaal als uitstraling – onmisbaar voor het karakter van een historisch gebouw of beschermd gebied. Daarom is het bij deze gebouwen en gebieden belangrijk het juiste zonne-energiesysteem te kiezen. Beantwoord hierbij twee vragen: wat zijn de gevolgen voor de oorspronkelijke materialen en constructies?; en welk effect heeft dit systeem op het aanzien van het gebied of van het monument en zijn omgeving? Kies voor een systeem dat het aanzien zo veel mogelijk spaart en het materiaal zo veel mogelijk ongemoeid laat.

Visuele gevolgen van systemen

Het systeem dat u kiest, kan het aanzien en karakter van het gebouw of gebied negatief beïnvloeden. Hoe sterk een installatie opvalt, hangt sterk af van het systeem. Zie bij schuine daken af van installaties met een opvallende vorm, zoals vacuümbuiscollectoren, nokcollectoren en compacte collectoren met een ingebouwd watervoorraadvat. Kies in plaats daarvan voor een vlakkeplaatcollector of vlakkeplaatvacuümcollector, want deze twee typen vallen op schuine daken het minste op. Vacuümbuiscollectoren zijn juist wel weer heel geschikt voor platte daken, want die blijven door hun horizontale ligging op een plat dak beter uit het zicht.

Stroomproducerende folies veranderen het aanzien van historische (roeven)daken aanzienlijk. Ook is de opbrengst per vierkante meter laag, waardoor er een groot oppervlak van nodig is op het historische dak. Zie er daarom van af.

Ook de bescherming van zonnecollectoren tegen vorstschade heeft visuele gevolgen. Systemen die tijdens vorst hun vloeistof laten teruglopen naar een reservoir binnen in het gebouw, zijn veelal ongeschikt. Die vallen namelijk meer op door hun vaak hoge positie op schuine daken. Ze zijn alleen laag op een schuin dak te plaatsen als het terugloopreservoir een verdieping lager komt te staan dan de kap. Systemen met een antivriesmiddel kennen dit nadeel niet. Die passen altijd laag op een schuin dak, waardoor het eenvoudiger is om ze minder op te laten vallen.

Fysieke gevolgen van systemen

Naast visuele gevolgen brengen sommige systemen ook grote fysieke gevolgen met zich mee. Zie daarom af van installaties waarbij historisch materiaal verloren gaat of verandert.
Dit speelt bij systemen die warmte onttrekken aan het dak met een ingebouwd leidingstelsel onder de dakbedekking, een zogeheten zonthermisch dak. Door zo'n systeem gaat historisch materiaal verloren. Ook verandert de opbouw van de constructie en wordt het dak veel dikker. Er is echter een uitzondering waarbij zo'n systeem juist minder opvalt dan een gewone zonnecollector, waarover zo meteen meer.

Er gaat ook historisch materiaal verloren bij stroomproducerende bouwmaterialen, zoals dakpannen en glas met zonnecellen. Stroomproducerende bouwmaterialen komen altijd in plaats van het oorspronkelijke materiaal. In plaats van de historische pannen te vervangen door stroomproducerende pannen, is het vrijwel altijd beter om losse panelen over de bestaande pannen heen te plaatsen. Mochten de panelen er ooit weer af gaan, dan is de fysieke schade aan het dak beperkt. Vervang ook geen historisch glas door stroomproducerend glas.

Mogelijke uitzonderingen: het inbouwen van een zonnecollector in het dakpakket – dus een zonthermisch dak – is vaak wel geschikt om ooit verdwenen roevendaken te reconstrueren of voor bitumen daken. Belangrijk is wel dat de extra dikte van het pakket geen problemen oplevert voor de aansluitingen met de omringende constructies.
Stroomproducerende dakbedekkingsmaterialen lenen zich goed voor daken uit het zicht van onbelangrijke, niet-historische materialen zoals bitumen.
Stroomproducerend glas is soms mogelijk in historische gebouwen voor nieuwe daglichtopeningen uit het zicht vanuit openbaar gebied, vooral in lichtstraten en lichtschachten (zie afbeelding op pagina 4). Glas met lastig te onderscheiden amorfe zonnecellen heeft daarbij de voorkeur boven glas met duidelijk zichtbare kristallijne cellen.
Zonthermische daken, stroomproducerende dakbedekkingsmaterialen en stroomproducerend glas zijn vaak goede opties voor nieuwe aanbouwen van monumenten en nieuwbouw binnen beschermde gezichten. Deze systemen vallen bij nieuwe constructies juist minder op dan gewone zonnecollectoren of gewone zonnepanelen.

Plaatsingswijze

Historische dakbedekkingsmaterialen zijn belangrijk voor de cultuurhistorische waarde en het karakter van het gebouw. Als u zonnecollectoren en zonnepanelen plaatst, mag dit zo min mogelijk schade of verlies opleveren voor deze oorspronkelijke materialen. Dit kan alleen met een opbouwsysteem, waarbij collectoren en panelen als losse onderdelen over het bestaande dak heen geplaatst worden. Ze zitten dan op korte afstand boven de historische dakpannen. Deze manier van plaatsen beperkt de fysieke gevolgen. Het meeste historische materiaal blijft behouden en het systeem is later eenvoudig te verwijderen, zonder veel schade. Het is alleen nodig om op enkele plekken door het dak heen te gaan voor bevestigingshaken, kabels en leidingen. Door de afstand tot de dakpannen kort te houden, blijven ook de visuele gevolgen beperkt.

Kies niet voor een inbouwsysteem, waarbij collectoren en panelen worden ingebouwd ín het dak, dus verdiept tussen de dakpannen. Weliswaar oogt dit iets beter, maar dit weegt niet op tegen de grote fysieke gevolgen voor historische daken, omdat alle historische dakpannen verdwijnen op de plek waar u de collectoren of panelen inbouwt.

Installaties op het erf

U kunt zonnecollectoren en -panelen ook buiten op de grond plaatsen, dus op het erf. Hoe beter de installatie dan opgaat in zijn directe omgeving, hoe kleiner de visuele gevolgen zijn. Naast de locatiekeuze en systeemgrootte – zie pagina 25-26 – speelt ook de manier van plaatsen hierbij een belangrijk rol. Plaats collectoren en panelen op het erf in een regelmatige rangschikking en maak de installatie niet te hoog. Plaats de installatie ook laag bij de grond en scherm deze volledig af voor het zicht, bijvoorbeeld met een haag of met ander groen (zie de afbeelding hiernaast). Plaats deze haag wel op voldoende afstand van het systeem, als hij tussen de zon en de panelen komt te staan. Hoe hoger de haag, hoe meer afstand nodig is tot de panelen om schaduwval te voorkomen. Maai of knip ook al het gras of onkruid weg, dat boven de onderkant van de zonnepanelen uitsteekt.

Installaties op platte daken
Hoe collectoren en panelen op een plat dak geplaatst worden, maakt veel uit voor de visuele gevolgen. Zorg dat de installatie uit het zicht blijft door voldoende afstand te houden tot de dakrand en door de hellingshoek of hoogte aan te passen.
Het is ook belangrijk om de installatie te plaatsen in een regelmatige rangschikking: niet schuin binnen het dakvlak, maar evenwijdig aan de dakrand. Dit is vooral belangrijk bij platte daken die laag ten opzichte van hun omgeving liggen. Een plaatsing evenwijdig aan de dakrand levert dan een rustiger beeld op van bovenaf.

Installaties op schuine daken
Komen collectoren of panelen op een schuin dak, kijk dan goed naar hun positie binnen het dakvlak. Het maakt veel uit hoe en waar de collectoren of panelen op het dak worden geplaatst. Hoe rustiger het beeld, hoe beter de installatie opgaat in zijn omgeving. En andersom: hoe groter het contrast, hoe sterker de installatie er uitspringt.
Voor een zo rustig mogelijk beeld plaatst u collectoren of panelen:
in de onderste helft van het dakvlak, niet boven het niveau van de flieringbalk aan de binnenkant van de kap (alleen bij mansardedaken juist in de bovenste dakhelft boven de knik, zolang de installatie daarop niet is te zien vanaf openbaar gebied);
- op enige afstand van de goot of dakvoet onderaan en van de dakranden aan de zijkant;
- op het stuk van het dak met een horizontale noklijn, dus niet onder de hoekkepers of boven de kilkepers;
- op enige afstand van frontons, koepels, dakkapellen, daklichten, schoorstenen en andere toevoegingen op het dak;
- bij voorkeur in het midden van de lengte van het achterdakvlak,

op de achterste helft bij zijdakvlakken of op een plek van het dak die aansluit op de symmetrie of geleding van de onderliggende gevel;
- bij voorkeur uitgelijnd met (de onderkant van) andere elementen op het dak, zoals dakkapellen of dakramen;
- in een aaneengesloten, ononderbroken blok bij elkaar in een rechthoek of vierkant, dus zonder verspringingen;
- in eenzelfde stand, dus of staand of liggend, en van hetzelfde type en dezelfde grootte.

De afstand van de installatie tot de goot of dakvoet en tot de dakrand hangt af van de grootte van het dakvlak. In het algemeen moet u ten minste 60 centimeter vrijhouden, dus ongeveer 2 dakpannen, tot de goot of dakvoet en 100 centimeter tot de dakranden aan de zijkant. Dit levert niet alleen een rustiger beeld op, het is ook technisch noodzakelijk. Zie pagina 33.

Het plaatsen van vooral zonnepanelen op schuine daken is meestal een flinke ingreep, hoe zorgvuldig dit ook gedaan wordt. Beperk deze ingreep daarom altijd tot één dakvlak. Verdeel panelen dus niet over twee verschillende zijden van het dak, maar houd ze bij elkaar op één zijde. Een installatie verdelen over meer dan één dakvlak is voor de meeste monumenten namelijk een te grote ingreep.

Mogelijke uitzonderingen: nieuwe aanbouwen of bijgebouwen van monumenten en nieuwbouw binnen beschermde gezichten zijn vaak beter af met een verdiepte plaatsing van de installatie. Dus niet boven de dakpannen, maar ertussen. Dit zorgt ervoor dat de collectoren en panelen minder opvallen.
Een verdiepte plaatsing oogt ook beter bij overige daken en kappen zonder cultuurhistorische waarde. Zonnepanelen brengt u al voldoende diepliggend aan door alleen de dakpannen te verwijderen; de dakconstructie eronder doorbreken, is dus niet nodig.

Systeemgrootte

Komen collectoren of panelen op een schuin dak te staan, dan speelt de oppervlakte die ze innemen een belangrijke rol. Bij plaatsing op een plat dak speelt dit vaak wat minder.
Met zonnecollectoren – een systeem om warmte op te wekken – is 3 tot 4 vierkante meter vaak genoeg. Dit ligt anders bij systemen om stroom op te wekken, dus bij zonnepanelen. Deze beslaan op woonhuizen vaak 10 tot 15 vierkante meter, soms nog meer. Dit komt omdat zonnepanelen een veel lager rendement hebben dan zonnecollectoren. Even veel stroom opwekken als een huishouden verbruikt, vraagt een zeer grote installatie. Soms past die net op een dak, maar bij historische daken gaat zo'n grote installatie vrijwel altijd ten koste van het karakter.

De rendementsverschillen tussen de twee belangrijkste systemen voor warmte leiden niet tot opvallende verschillen in hun grootte. Dit ligt anders voor de verschillende systemen om stroom op te wekken. Hierbij hangt de grootte van het systeem sterk af van het type zonnecel dat erin verwerkt is. Hoe efficiënter de cellen van het systeem, des te kleiner het oppervlak dat nodig is om een bepaalde opbrengst te halen. Bij polykristallijne panelen levert 10 vierkante meter dezelfde opbrengst als ongeveer 8 vierkante meter monokristallijne panelen. Andersom stijgt het oppervlak met minder efficiënte cellen. Om met een amorf systeem eenzelfde opbrengst te halen als met 10 vierkante meter polykristallijne panelen, is ongeveer 20 vierkante meter nodig. Amorfe systemen zijn altijd groot, want anders leveren ze te weinig op.

Op het erf of op platte daken

Vergeleken met schuine daken kunnen installaties op platte daken meer ruimte innemen zonder het beeld te verstoren, zolang de panelen vanaf de straat maar niet zijn te zien. U kunt dan namelijk het hele dak gebruiken voor de installatie. Op een schuin dak zou dit te grote visuele gevolgen hebben. Een uitzondering geldt voor platte daken van lage gebouwen ten opzichte van hun omgeving. Maak dan een installatie van collectoren of panelen niet te groot, vanwege het zicht vanuit de omringende gebouwen. Stroomproducerende bouwmaterialen kunnen vaak een groter oppervlak innemen dan gewone zonnepanelen, soms tot aan de dakrand. Het is dan voldoende alleen een strook langs de dakranden vrij te houden.
Vaak hebben installaties op percelen minder visuele gevolgen dan op schuine daken. Hierdoor bieden erven vaak meer ruimte voor panelen of collectoren, zolang de installatie niet te groot is voor de oppervlakte van het perceel.

De hoek waaronder u de panelen plaatst, bepaalt hoeveel ruimte ze nodig hebben op een erf of plat dak. Onder de ideale hellingshoek nemen ze de meeste ruimte in. De rijen panelen moeten dan het verst van elkaar af staan, om te voorkomen dat de ene rij panelen schaduw werpt op de rij erachter. Denk daarbij ook aan de lage stand van de zon in de ochtend en avond, en tijdens de wintermaanden. Hierdoor is er per zonnepaneel op een plat dak of erf 2,5 vierkante meter ruimte nodig; op een schuin dak is dat maar 1 vierkante meter per paneel.

Op schuine daken

Op schuine daken speelt het aanzien een rol en daarmee ook de grootte van de installatie. Een betrekkelijk grote installatie die niet overheerst op een groot gebouw, kan dit wel doen op een klein gebouw. Daarom is het belangrijk dat de installatie naar verhouding niet te groot is voor de oppervlakte van het schuine dak.
Van het dakvlak waar de collectoren of panelen op komen te staan, dient veruit het overgrote deel van de oorspronkelijke dak-

bedekking zichtbaar te blijven. Dit om het karakter en de eenheid van het schuine dak te sparen. Daarbij tellen ook alle andere elementen mee in en op het dakvlak, zoals dakramen, dakkapellen, schoorstenen en antennes. Deze bestaande elementen bepalen mee hoeveel ruimte er op schuine daken overblijft voor collectoren of panelen. De combinatie van een dakkapel of dakraam met collectoren of panelen kan soms een overdaad aan elementen opleveren. Het is belangrijk dat alle elementen samen een ondergeschikte rol spelen op het dakvlak. Hoe meer elementen het dakvlak dus al bevat, hoe kleiner de mogelijkheden zijn voor collectoren of panelen.

Wie overweegt om zowel collectoren als panelen te plaatsen, kan ook denken aan een systeem dat beide combineert. Hierdoor is een kleiner systeem nodig dan met twee aparte installaties. Meer hierover leest u op pagina 13.

Mogelijke uitzonderingen: grotere systemen zijn mogelijk op platte daken van hoge gebouwen ten opzichte van hun omgeving die uit het zicht blijven vanuit omringende gebouwen, schuine daken die altijd uit het zicht blijven, zoals in zakgoten, nieuwe aanbouwen of bijgebouwen van monumenten en nieuwbouw binnen beschermde gezichten. Systemen op nieuwe aan- en bijgebouwen en nieuwbouw vallen het minst op met stroomproducerende bouwmaterialen die een aaneengesloten vlak vormen over het totale dak.

Kleur en reflectie

Behalve dat een locatie uit het zicht moet zitten vanuit de openbare ruimte, is het ook belangrijk dat het zonne-energiesysteem een passende kleur heeft en weinig reflecteert. Dit geldt voor zonne-energie-installaties op schuine daken en op platte daken die lager liggen dan de bebouwing eromheen. Het gaat dus niet alleen om plekken die het publiek vanaf de grond niet kan zien, maar het uiterlijk van het systeem moet ook zo veel mogelijk opgaan in het beeld van het gebouw en de omgeving. Dan valt de installatie vanuit andere gezichtpunten – zoals binnentuinen, hogere verdiepingen aan de overkant en andere particuliere ruimten – zo min mogelijk op.

Historische dakpannen vormen een wezenlijk onderdeel van het karakter en aanzien van historische gebouwen. Hun kleur, textuur en vaak geringe glans zijn daarbij van belangrijke waarde. Kies daarom op het dak voor panelen en collectoren die hierbij in kleur en reflectie het best aansluiten, of plaats ze op het erf veraf van het gebouw en buiten het zicht. Komen de panelen of collectoren op het dak, kies dan voor een van de twee onopvallendste standaardkleuren – donkergrijs of zwart – of laat de kleur aanpassen aan die van het omringende dak. Vermijd de opvallende standaardkleur blauw (zie afbeelding op pagina 31). Kies voor de metalen rand rondom collectoren en panelen dezelfde terughoudende kleur. De voorkant van zonnepanelen moet egaal van kleur zijn, dus zonder een rasterpatroon van witte lijnen. Kies voor systemen die weinig reflectie veroorzaken of de reflectie van het historische dak benaderen.

Niet alleen de kleur en glans van de collectoren en panelen zijn belangrijk, maar ook die van alle zichtbare, bijkomende onderdelen zoals leidingen, kabels, bevestigingsmiddelen en metalen ondersteuningconstructies. Zorg ervoor dat ook hun kleur en glans niet afsteken tegen het historische dakvlak.

Ook bij installaties op het erf, is het belangrijk de kleur en reflectie aan te passen, zodat ze beter opgaan in hun omgeving. Denk ook in dit geval aan de hele installatie: bijbehorende onderdelen zoals de ondersteuningsconstructie en kabels, zijn even belangrijk als de collectoren of panelen zelf.

Mogelijke uitzonderingen: kleur en reflectie zijn niet belangrijk op platte daken die hoog uitsteken ten opzichte van hun omgeving, waardoor er geen zicht is op het platte dak. Hetzelfde geldt voor schuine daken die altijd uit het zicht blijven, zoals in zakgoten. Ook geldt dit voor installaties op het erf die helemaal aan het oog onttrokken kunnen worden met het tuinontwerp, bijvoorbeeld achter een haag of ander groen.

Gewicht

Zonnecollectoren en zonnepanelen zijn niet licht. Let daarom goed op hun gewicht als ze niet op het erf komen te staan, maar op het dak. Zonnecollectoren wegen rond de 25 kilo per vierkante meter. Hybride of PVT-collectoren zijn zwaarder. Zonnepanelen wegen tussen de 10 tot 15 kilo per vierkante meter, exclusief het gewicht van de metalen ondersteuningsconstructie. Die weegt nog eens 5 tot 10 kilo per vierkante meter. Voor veel daken is dit bij elkaar een aanzienlijk gewicht. Bij zware sneeuwval komen hier nog extra kilo's bij.

Op een schuin dak worden de collectoren of panelen meestal vastgezet op het constructiehout, zoals sporen of gordingen. Historische sporen of gordingen die wel sterk genoeg zijn om het dakbeschot en de dakbedekking te dragen, zijn soms niet bestand tegen het extra gewicht van zonnepanelen. Dit speelt het vaakst in historische boerderijen. De kap moet ook de zuigende werking aankunnen, die de wind op de panelen uitoefent. Laat daarom vooraf door een constructeur nagaan of het constructiehout van de kap sterk genoeg is. Traditionele kapconstructies zitten anders in elkaar dan moderne. Vraag daarom naar een constructeur met kennis van historische bouwwijzen. Op platte daken zitten zonnepanelen meestal niet vast aan het dak, maar blijven ze op hun

plaats door ze te verzwaren met betontegels of andere ballast. Het totale gewicht kan hierdoor uitkomen op 20 tot 50 kilo per vierkante meter. Niet ieder historisch plat dak kan dit gewicht aan. Buigt het dak door, dan kan er regenwater op blijven staan, waardoor het weer verder doorbuigt. Raadpleeg een constructeur om te kijken of het dak voldoende sterk is en niet doorbuigt.
Het is meestal geen optie om hulpconstructies of andere versterkingen aan te brengen in historische kappen. Kapconstructies van monumenten moeten de installatie dus kunnen dragen zonder de constructie van de kap te versterken.

Gewicht speelt ook een rol bij stroomproducerend glas, dat dikker en zwaarder is dan enkel glas. Het is meestal niet nodig om rekening te houden met het gewicht van flexibele materialen met amorfe cellen. Daarvoor is dit vaak te gering, namelijk 2 tot 5 kilo per vierkante meter.

Bij zonnecollectorensystemen kunnen de zeer grote watervoorraadvaten erg zwaar zijn. Kijk vooraf goed of de vloer dit gewicht aankan.

Mogelijke uitzonderingen: het versterken van kapconstructies aan de binnenkant ligt minder lastig bij beschermde stads- en dorpsgezichten. Belangrijk daarbij is wel dat er aan de buitenkant van de kap niets verandert.
Versterken is soms ook mogelijk bij historische platte daken van monumenten. Het moet gaan om platte daken zonder een bijzondere of zeldzame constructiewijze. Dit moet gebeuren zonder schade aan belangrijke historische materialen en met behoud van de bestaande balken. Zorg ook dat de toegevoegde versterkingen uit het zicht blijven.

Schaduw

Om voldoende energie op te wekken, moeten zonnecollectoren en zonnepanelen gedurende het grootste deel van de dag direct zonlicht opvangen. Valt er schaduw op een collector of paneel, dan vermindert dit de opbrengst. Schaduw kan komen van bomen, dakkapellen, schoorstenen, balustrades, lantaarnpalen en antennes, maar ook van gebouwen in de buurt. Dit laatste is vooral een punt in steden, en minder in gebieden waar gebouwen verder van elkaar afstaan. Houd ook rekening met de groei van bomen, waardoor een goede plek over een paar jaar toch in de schaduw kan liggen. Op platte daken kunnen zonnepanelen schaduw op elkaar werpen als ze niet ver genoeg van elkaar afstaan.

Een beperkte schaduwval heeft geringe invloed op de opbrengst van zonnecollectoren, maar bij zonnepanelen is die invloed wel groot. Valt er schaduw op één stukje van een zonnepaneel, dan staakt de stroomproductie in het hele paneel en wordt de stroomproductie in de overige panelen geremd. Dit laatste gebeurt omdat diverse panelen samen een elektrische keten of serie vormen. Hierdoor kan één kleine schaduw de opbrengst van het hele systeem aanzienlijk beperken. Dit geldt vooral voor zonnecellen uit kristallijn silicium, want dunnelaagzonnecellen behouden hun rendement bij schaduw veel beter.

Als er schaduw valt op een zonnecollector, vermindert dit alleen de opbrengst in precies dat stukje waar de schaduw op valt. Dit maakt collectoren minder gevoelig voor schaduwval dan panelen.

Vermijd schaduwval bij historische bebouwing niet door installaties zo hoog mogelijk op een dak te plaatsen. Hoog op een dak is de kans op schaduw weliswaar kleiner, maar manifesteert een installatie zich ook nadrukkelijker. Blijf daarom laag op het dak, maar wel uit de buurt van bomen, dakkapellen, schoorstenen en andere obstakels. Is schaduw op een collector of paneel onvermijdelijk, zorg er dan voor dat de schaduw alleen valt in de ochtend of aan het einde van de middag. De invloed op de opbrengst is dan namelijk veel kleiner dan midden op de dag.
Bij zonnepanelen is er ook nog een andere oplossing: neem panelen waarop ongeveer tegelijkertijd schaduw valt, op in dezelfde elektrische serie. De schaduwval heeft dan geen invloed op de rest van de panelen, die in een andere serie zitten. Ook optimizers en micro-omvormers per paneel kunnen het effect van schaduwval beperken. Het opbrengstverlies beperkt zich dan tot het ene paneel waar een stukje schaduw opvalt.

Mogelijke uitzonderingen: een hoge plaats op het dak is soms mogelijk bij nieuwe aanbouwen of bijgebouwen van monumenten en nieuwbouw binnen beschermde gezichten. Hetzelfde geldt voor historische daken die altijd uit het zicht blijven – zoals bij zakgoten – zolang de collectoren of panelen niet zijn te zien vanuit openbaar gebied.

Oriëntatie en helling

De opbrengst van een collector of paneel hangt af van de stand ten opzichte van de zon. Collectoren en panelen halen een goede opbrengst bij oriëntaties tussen zuidoost en zuidwest en bij hellingshoeken tussen 10 en 60 graden. De opbrengst is dan hooguit 10 procent lager dan bij de meest ideale opstelling: een oriëntatie op het zuiden met een hellingshoek tussen 30 en 40 graden. Verder naar het westen of het oosten georiënteerde installaties kunnen nog steeds een redelijke opbrengst halen, zolang de hellingshoek ligt tussen 10 en 30 graden. Anders wordt de stroomopbrengst en het financiële rendement te laag. Oriëntatie op het noorden levert te weinig stroom op, tenzij de panelen onder een hellingshoek staan van niet meer dan 10 graden.
Een goede oriëntatie op de zon is bij zonnepanelen vooral belangrijk bij zonnecellen uit kristallijn silicium. Amorf silicium en andere dunnelaagcellen zijn hiervan minder afhankelijk voor hun rendement.

Laat collectoren en panelen op historische schuine daken stroken met het schuine dak. De hellingshoek en de oriëntatie van het systeem moet dus dezelfde zijn als die van het dak. Hierdoor steekt de installatie niet uit en valt dus minder op. De hoek van historische schuine daken ligt meestal tussen 20 en 60 graden. Daarbij levert een vlakker dak meer energie op in de zomer, als de zon hoger aan de hemel staat. Andersom levert een steiler dak juist in de winter meer op, als de zon lager staat. Daarom is het geen probleem als zonnepanelen platter of steiler staan. Alleen bij zonnecollectoren pakt een steil dak wel beter uit. Dan kan de laagstaande winterzon namelijk beter bijdragen aan het verwarmen van het kraanwater.

Komen de panelen of collectoren op een plat dak, oriënteer ze dan evenwijdig aan de dakrand. Kies een hellingshoek waarbij het hoogste punt van de collector of het paneel uit het zicht blijft vanuit openbaar gebied. Hoe dichter de installatie bij de dakrand komt te staan, hoe kleiner deze hoek moet zijn. Met weinig opbrengstverlies kunt u zonnepanelen onder een kleine hoek van 10 graden plaatsen om ze uit het zicht te houden. Onder deze hoek is het rendement richting het zuiden maar 3 procent lager dan onder de meest ideale hoek. Bij richtingen tot iets voorbij het zuidwesten of zuidoosten komt dit verlies uit op 10 procent.

Is op het dak een goede oriëntatie uit het zicht niet mogelijk, kijk dan of die wel is te realiseren op enige afstand van het gebouw op het erf. Vaak biedt een erf ook meer kansen om de collectoren en panelen optimaal op de zon te richten.

Bevestiging

Op een schuin dak zitten zonne-energie-installaties met metalen bevestigingshaken vastgeschroefd op het constructiehout, bijvoorbeeld op sporen of gordingen. De collectoren en panelen zitten daarbij niet rechtstreeks vast op het constructiehout. Ze zijn bevestigd tegen een metalen ondersteuningsconstructie, die op haar beurt weer met bevestigingshaken bevestigd is op het hout van de kap. Alleen als u collectoren of panelen inbouwt tussen de dakpannen – wat bij historische gebouwen meestal geen optie is – zitten ze rechtstreeks vast op de kap, dus zonder een ondersteuningsconstructie.

In uitzonderingsgevallen is het inbouwen van zonnepanelen tussen de dakpannen een optie. Zie pagina 29. Het is dan belangrijk om een waterkerende, damp-open folie aan te brengen op het dakbeschot. Bij inbouwsystemen kan namelijk aan de achterkant van de zonnepanelen gemakkelijk condensvorming of ijsvorming optreden. Dit gebeurt in de winter als door nachtelijke uitstraling de temperatuur van de achterkant van de panelen daalt in de geventileerde ruimte tussen panelen en dakbeschot. Ook zijn sommige inbouwsystemen in extreme gevallen – zoals bij stuifsneeuw – niet volledig waterdicht.

Druk op dakpannen vermijden

Bij een opbouwsysteem lopen de metalen bevestigingshaken van de ondersteuningsconstructie tussen de dakpannen door. Hierdoor blijven alle pannen behouden. Let op dat de haken door winddruk, sneeuwlagen en hun eigen gewicht niet aandrukken tegen de onderliggende dakpan. Dan kan de pan namelijk breken en ontstaat er lekkage. Gebruik zo nodig dikkere haken die minder snel vervormen door de belasting van bijvoorbeeld sneeuw. Drukt de haak op de dakpan erboven, dan sluit het dak niet goed meer en kan regenwater naar binnenkomen. Het helpt dan om de achterkant van de dakpan iets af te slijpen, zodat de haak beter tussen twee pannen door kan. Dit kan echter alleen bij dikke pannen en bij pannen met een grote druiprand. Dit afslijpen moet uiterst nauwkeurig en voorzichtig gebeuren, om de pan niet te beschadigen. Slijp nooit wat af van de dakpan onder de haak om meer ruimte te maken. Dit tast namelijk de sterkte van de onderliggende dakpan te veel aan, precies op het punt waarop de bovenliggende pan druk uitoefent.

Naast het vastschroeven van de bevestigingshaken op de sporen of gordingen, is er ook een systeem waarbij de haken geklemd worden achter de panlatten. Bij deze bevestigingswijze rusten de haken op de dakpannen. Bij moderne dakpannen hoeft dit soms geen problemen op te leveren, maar mogelijk leidt dit wel tot breuk en lekkages bij de brozere historische dakpannen. Laat hier altijd eerst goed naar kijken, als u voor dit systeem zou kiezen.

Voldoende ruimte houden tot dakvlak en dakranden

Zonne-energie-installaties vallen minder op als de bevestigingsmiddelen niet zichtbaar zijn. Houd ze daarom zo veel mogelijk uit het zicht onder de collectoren of panelen.
Om minder op te vallen is het ook belangrijk dat er zo weinig mogelijk ruimte zit tussen het dakvlak en de collectoren of panelen. Vaak is een tussenruimte van 6 centimeter voldoende. Dan kan regenwater onder het systeem door goed afstromen over het dak. Vooral bij monumenten is dit belangrijk, omdat de daken vaak groter zijn en de afschotlengten langer. Bij zonnepanelen is een tussenruimte van 6 centimeter ook voldoende om genoeg lucht achterlangs het paneel te laten circuleren om het systeem te helpen koelen. Het rendement van zonnepanelen daalt namelijk als hun temperatuur oploopt op zonnige dagen. Dit geldt vooral voor zonnecellen van kristallijn silicium; bij dunnelaagzonnecellen heeft de temperatuur minder invloed op het rendement.

De bevestiging moet ook de krachten van windturbulentie kunnen weerstaan tijdens zware wind. Daarom is het belangrijk om panelen en collectoren niet te dicht te plaatsen bij de goot of dakvoet, de dakranden en de nok. Het laatste speelt niet bij historische daken, omdat installaties dan terechtkomen in de onderste dakhelft. Zie hiervoor pagina 27. In het algemeen moet u ten minste 60 centimeter vrijhouden, dus ongeveer twee dakpannen, vanaf de goot of dakvoet en ten minste 100 centimeter vanaf de dakranden aan de zijkant.

Gevolgen van bevestiging beperken

Houd tijdens het bevestigen al rekening met het verwijderen of vervangen van het systeem in de toekomst. Beperk het aantal bevestigingspunten tot een minimum, zodat het systeem later te verwijderen is met minder schade voor het monument. Kies echter ook weer niet een te klein aantal, want dit verhoogt de kans dat de haken vervormen of losraken.
Om het systeem te bevestigen, moet u weten waar de sporen of gordingen lopen. Verwijder op een historisch dak niet op grote schaal de pannen om hierachter te komen, maar werk alleen maar recht omhoog over het dak. Laat dus zo veel mogelijk pannen op hun plaats zitten tijdens het installeren van een zonne-energiesysteem. Dit is niet mogelijk als u ook een waterkerende, damp-open folie aanbrengt op het dakbeschot. In principe is deze folie bij een opbouwsysteem niet nodig, maar het kan verstandig zijn bij daken die gevoelig zijn voor lekkages. Breng de folie aan van de nok tot de goot en tot ongeveer 1 meter voorbij de zijkanten van het systeem.

Voeg aan historische kappen geen constructiehout of andere hulpconstructies toe om de collectoren of panelen te bevestigen. De bevestigingspunten moeten overeenkomen met de bestaande kapconstructie. Kijk dus vooraf goed waar de sporen of gordingen

lopen om de collectoren of panelen op vast te zetten.

Om schade te voorkomen, is het belangrijk dat de installateur vertrouwd is met historische pannendaken. Maar zelfs dan kunnen er toch een paar dakpannen breken tijdens het installeren. Niet alle soorten dakpannen zijn even gemakkelijk te krijgen. Houd daarom een paar vervangende pannen achter de hand. Probeer zo nodig de juiste te vinden bij handelaren in oude of gebruikte bouwmaterialen.

Zorg er verder voor dat alle bevestigingsmiddelen voldoende zijn beschermd tegen corrosie. Dit is extra belangrijk in het kustgebied en in industriële omgevingen, waar corrosie sneller kan verlopen.

Diefstal voorkomen
Kies bij installaties op het erf een bevestigingswijze die helpt om diefstal tegen te gaan. Eenrichtingsschroeven maken zonnepanelen onaantrekkelijk voor dieven, omdat losdraaien leidt tot schade aan de panelen. Ook met veiligheidsstaven op de schroeven voorkomt u dat de panelen losgedraaid worden.

Leidingen, kabels en overige apparatuur

Om de gewonnen warmte of elektriciteit ook te kunnen gebruiken, zijn waterleidingen of stroomkabels nodig. Dit betekent dat er een aantal gaten geboord moet worden: in het dak om leidingen en kabels naar binnen te voeren, en aan de binnenkant om leidingen en kabels verder door het gebouw te laten lopen.

Leidingen bij systemen voor warmte
Bij zonnewarmtesystemen lopen er leidingen van de zonnecollectoren naar het watervoorraadvat en weer terug. Ook lopen leidingen op en neer tussen het voorraadvat en de naverwarmer. En van het voorraadvat naar het koude en warme waterleidingnet in huis. Soms is het nodig om een extra stopcontact aan te leggen voor de elektrische aansluiting van de pomp. Sommige systemen – die minder geschikt zijn voor historische daken – hebben ook een afvoer nodig naar het riool. Moeten zonnecollectoren ook het huis helpen verwarmen, dan zijn omvangrijke leidingenstelsels nodig in wanden of vloeren.

Bij monumenten is het soms niet mogelijk om de zonnecollector en het voorraadvat te plaatsen in de buurt van het bestaande warmwatertoestel. Bijvoorbeeld omdat het dak boven dit toestel geen goede plek is voor een zonnecollector. Houd daarom in monumenten rekening met langere leidingen, ook al maken die het systeem minder efficiënt. Korte leidingen leveren namelijk minder verlies op van warmte, vooral tussen de collectoren en het watervoorraadvat. Op het traject tussen dit vat en de naverwarmer is de lengte van de leiding wat minder belangrijk. Komen de collectoren ver van het warmwatertoestel te staan, dan helpt het dus om het vat dicht bij de collectoren te plaatsen, in plaats van naast het warmwatertoestel.

Controleer na het aanleggen en aansluiten van alle leidingen of de verbindingen niet lekken. Deze controle op lekkages heet ook wel afpersen. Systemen die werken met een antivriesmiddel, moeten – na het schoonspoelen met gewoon water – gevuld worden met een speciaal vorstbeschermingsmiddel. Dek daarbij alle kwetsbare historische materialen af, zodat eventueel gemorst middel geen schade kan veroorzaken.

Isoleer de leidingen naar het watervoorraadvat, om warmteverliezen te beperken. Bij leidingen die in de buitenlucht lopen, moet het isolatiemateriaal bestand zijn tegen de UV-stralen van de zon, regen en vocht, maar ook aantasting door vogels. Is het materiaal niet bestand tegen vocht, dan kan het wegrotten. Vogels kunnen het isolatiemateriaal wegpikken om hun nesten te maken. De temperatuur van de vloeistof die door de leidingen stroomt, is soms zeer hoog. Hier moet het isolatiemateriaal goed tegen bestand zijn. Ook de verbindingen in de leidingen moeten deze soms zeer hoge temperaturen goed kunnen doorstaan. De meeste soldeerverbindingen en rubberen afdichtringen kunnen dit niet. Laat daarom speciale soldeer en ringen gebruiken.

Kabels bij systemen voor stroom
Bij zonnestroomsystemen lopen er stroomkabels van zonnepanelen naar de omvormer(s) en van daaruit naar de meterkast. Door UV-straling van de zon worden kabels hard, wat op termijn kan leiden tot kabelbreuk en kortsluiting. Gebruik daarom alleen kabels die bestand zijn tegen UV-licht en andere weersinvloeden zoals water en hoge temperaturen. Alleen speciale kabels voldoen hieraan. Laat kabels zo bevestigen dat ze niet kunnen beschadigen door scherpe randen van bijvoorbeeld profielen. In de buitenlucht mogen kabels niet loshangen, omdat ze dan schade oplopen door het constante op en neer buigen door de wind.

In de meterkast is een aparte stroomgroep nodig om de zonnestroominstallatie op aan te sluiten. Op deze groep mag u geen toestellen aansluiten die energie verbruiken.
Alleen voor zeer kleine systemen met twee zonnepanelen is soms geen aparte groep in de meterkast nodig. Zeer grote systemen van meer dan 25 panelen vragen meestal om zwaardere, driefase elektriciteitsaansluiting. Laat in de meterkast een sticker aanbrengen om de brandweer te attenderen op de zonnepaneleninstallatie, waar bij daglicht spanning op staat.

In monumenten zijn soms langere leidingen nodig om kwetsbare of bijzondere materialen en constructies niet te doorkruisen. De

lengte van de kabels bepaalt echter mede het rendement van zonnestroomsystemen. Bij korte kabels gaat minder elektriciteit verloren. Dit geldt het sterkst tussen de panelen en de omvormer(s). De kabelafstanden zijn minder belangrijk op het traject van de omvormer(s) naar de meterkast.

Leidingen en kabels aanleggen in gebouwen

Zonne-energie-installaties gaan maar kort mee vergeleken met het leven van een monument. Leidingen en kabels die u nu aanlegt, zijn op een gegeven moment overbodig of voldoen niet meer. Boor daarom zo min mogelijk gaten en houd de diameter zo klein mogelijk. Dan hoeven later niet allerlei maatregelen genomen te worden om deze schade weer te herstellen.
Laat de gaten in het dak waar de leidingen en kabels doorheen gaan, goed afdichten. Dit moet water-, lucht- en dampdicht gebeuren, om vochtproblemen in de dakconstructie tegen te gaan. Vanaf de buitenkant van het dak mag geen water naar binnen stromen. Vanuit de binnenkant van het dak mag geen warme, vochtige lucht via een opening voor kabels of leidingen in de dakconstructie stromen. Gebeurt dit wel, dan kan deze lucht condenseren in het inwendige van het dak en daar houtrot veroorzaken.

Historische materialen en constructies maken een belangrijk deel uit van de cultuurhistorische waarde. Laat leidingen en kabels daarom altijd een route volgen die voor deze materialen en constructies de minste schade of het minste verlies oplevert. Doe dit ook als die route minder direct en langer is. Werk daarnaast met kabels en leidingen met de kleinst mogelijke diameter. Kies ze echter ook weer niet te klein, want een te dunne kabel verhoogt de kans op kortsluiting en te dunne leidingen vragen meer van de pomp.

Voer geen leidingen door waardevolle, historische materialen en constructies. Vermijd het om gaten of inkepingen te maken in balken; dit tast niet alleen het uiterlijk aan, maar ook de sterkte van balken. Beperk hak- en breekwerk door zo veel mogelijk gebruik te maken van bestaande leidingkanalen, buiten gebruik gestelde rookkanalen of houten vloeren die al een keer eerder zijn opengelegd. Vermijd schade aan belangrijke onderdelen van het interieur, als u de leidingen en kabels wegwerkt. Ontzie bijvoorbeeld houten betimmeringen, geprofileerd pleisterwerk of bijzondere behangsels en schilderingen. Bedenk ook dat in monumenten soms cultuurhistorisch waardevolle onderdelen schuil kunnen gaan achter latere, modernere toevoegingen en afwerkingen. Leidingenstelsels aanleggen voor vloer- of wandverwarming is een ingrijpende operatie, en is meestal alleen een optie in niet-waardevolle interieurs.

Watervoorraadvat

Het grootste onderdeel van zonnewarmtesystemen is het watervoorraadvat of boilervat. Dit vat is smal en hoog. Voor dit vat en de bijbehorende leidingen moet voldoende ruimte zijn in het gebouw. Zie ook pagina 12.

Pompen, regelapparatuur en omvormers

Naast leidingen en kabels zijn er nog andere installatieonderdelen nodig aan de binnenkant van het gebouw, zoals een circulatiepomp, regelapparatuur en omvormers. Geef deze onderdelen een plek waar ze het minst opvallen en de minste schade veroorzaken

aan historische materialen en constructies.
Vaak is één omvormer voldoende, maar bij grotere systemen met veel zonnepanelen zijn meer omvormers nodig. Plaats omvormers binnen in het gebouw. Daar vallen ze veel minder op dan aan de buitenkant en zijn ze beter bereikbaar voor onderhoud.
Geluid is binnenshuis geen probleem, want een omvormer werkt bijna geruisloos. Omvormers geven wel veel warmte af. Kunnen ze die niet goed kwijt, dan daalt de elektriciteitsopbrengst. Geef omvormers daarom een goed geventileerde, stofvrije plek.

Maak de regelapparatuur, circulatiepomp, omvormers en andere apparatuur op zo min mogelijk punten vast aan het historische metselwerk. Bijvoorbeeld door eerst een houten plaat tegen de wand te bevestigen, waarop u vervolgens alle verschillende apparatuur bevestigt (zie afbeelding). Zo beperkt u het aantal boorgaten in het metselwerk aanzienlijk. Maak deze plaat aan het metselwerk vast met schroeven die later weer gemakkelijk los te draaien zijn. Plaats deze schroeven zo veel mogelijk in de voegen tussen de bakstenen, niet in de bakstenen zelf. Zo ontstaat minder blijvende schade als de installatie later weer verwijderd wordt.

Het monteren van optimizers en micro-omvormers – zie ook pagina 32 – heeft geen gevolgen voor de historische materialen en constructies. Beide worden namelijk bevestigd op de achterkant van zonnepanelen, en raken het monument dus niet.

Leidingen en kabels aanleggen in de grond
Komen zonnecollectoren of zonnepanelen op het erf te staan, dan zijn leidingen of kabels nodig naar het watervoorraadvat of de meterkast in het gebouw. Dit geldt ook voor collectoren en panelen verderaf op een bijgebouw of schuurtje. Plaats deze leidingen en kabels voldoende diep in de grond. Een halve meter diep is meestal voldoende bij gewoon tuinierwerk.
Warmte is goed te transporteren over grotere afstanden, maar buiten kunnen de leidingen van zonnewarmtesystemen soms blootstaan aan lage temperaturen. Daarom is het belangrijk ze goed te isoleren en een antivriesmiddel te gebruiken.
Dicht de opening in de gevel waar leidingen of kabels naar binnen gaan, goed af tegen water of ongedierte.

Moeten er sleuven gegraven worden voor leidingen en kabels, dan kan dit eventuele archeologische resten of sporen in gevaar brengen. Dit geldt ook voor het graven van de fundering van de collectoren en panelen. Speelt archeologie naar verwachting een grote rol – de gemeente kan dit aangeven – dan is het vaak niet mogelijk om leidingen en kabels op enige diepte aan te leggen. Zoek dan een alternatieve route. Is die er niet, stop kabels en leidingen dan in een betonnen buis vlak onder het maaiveld.

Bijzondere dakvormen en dakbedekkingen

Of iets zeldzaam of bijzonder is, speelt een belangrijke rol in de waardering van een monument. De vorm of het materiaal van sommige daken is te zeldzaam of te bijzonder om een zonne-energiesysteem op te plaatsen. Daken met een ronde, veelhoekige, spitse, bolle of holle vorm zijn meestal bijzonder. Belangrijke zeldzame of bijzondere dakbedekkingen zijn riet, leien, Oegstgeester pannen, Lucas IJsbrandspannen, Hildersheimerpannen, geglazuurde dakpannen, koper, zink en soms ook lood. Bij koper, zink en lood gaat het om grote stroken op schuine of platte daken, maar ook om kleine losse plaatjes zoals zinken losanges en loden leien. Onder de zeldzame dakbedekkingen vallen ook pannendaken met bijzondere en decoratieve patronen.
Door hun zeldzaamheid of bijzonderheid hebben deze daken een hoge cultuurhistorische waarde. Plaats er daarom geen collectoren of panelen op.

Loden daken
Hoewel lood zeldzaam is op grote platte en schuine daken, geldt dit niet voor kleine platte daken zoals bij dakkapellen. Op deze minder waardevolle loden daken zijn collectoren of panelen meestal geen probleem. Schakel altijd wel eerst een ervaren loodgieter in. Lood krimpt en zwelt aanzienlijk, en is daarom zo bevestigd dat het ongehinderd kan bewegen. Houd daar rekening mee bij het bevestigen van de installatie op het dak en bij het voeren van leidingen en kabels door het dak. Een loodgieter kan aangeven op welke plekken dit het beste kan en hoe om te gaan met het lood rond doorvoeren en bevestigingspunten. Is voor loodgieterswerk open vuur nodig, neem dan alle nodige voorzorgsmaatregelen om brand te voorkomen. Er kan ook nog brand ontstaan in de eerste uren nadat de werkzaamheden zijn afgerond.

Minder problemen geeft de combinatie van lood met andere materialen. Lood verdraagt het contact met de meeste andere metalen goed. Alleen in aanraking met aluminium en ijzer gaat lood snel corroderen. Gebruik daarom stukjes asfaltbitumenvilt of kunststoffolie om direct contact met andere metalen tegen te gaan. Verder is het belangrijk dat de andere gebruikte materialen in dezelfde mate krimpen en zwellen als het lood. De levensduur van lood is niet echt iets om rekening mee te houden. Op historische daken gaat lood met gemak honderd jaar mee. Dat is zeker vier keer langer dan een zonne-energie-installatie. Het is dus meestal niet nodig om tegelijk met de nieuwe installatie ook nieuw lood aan te brengen.

Leien en rieten daken
De meeste leien en rieten daken zijn in de eerste plaats te uitzonderlijk en bijzonder om zonne-energie-installaties op aan te brengen. Voor deze daken betekent dit vrijwel altijd een groot verlies

van cultuurhistorische waarden. Daarnaast zijn ze er vaak ook te kwetsbaar voor, want beide materialen kunnen te snel veranderen of achteruit gaan om als goede ondergrond te dienen voor deze installaties.

Leien zijn gevoelig voor breuk en dus voor lekkages. Die breuken kunnen gemakkelijk ontstaan bij het betreden van het dak, bijvoorbeeld om een zonne-energiesysteem te plaatsen. Onopgemerkte breuken kunnen lekkages veroorzaken onder de zonnepanelen, onzichtbaar voor het oog en lastig bereikbaar voor herstel. Een leien dak vraagt ook regelmatig om inspectie en onderhoud. Een zonne-energie-installatie kan dan een obstakel vormen, bijvoorbeeld voor het aanbrengen van klimhaken.
Een leien dak vergt ook meer maatregelen om het waterdicht te maken rond de bevestigingspunten dan een pannendak. Bij leien moet men de bevestigingspunten van de installatie afdichten met een loket van lood, koper of zink onder en boven de bevestiginghaak. Loketten van lood kunnen verzakken als ze niet met een vormstuk ondersteund worden. Dit loket komt in plaats van een lei. Bij een dak met rechthoekige leien is het nog enigszins gemakkelijk om leien uit te nemen. Bij een dak met schubvormige leien is dit aanzienlijk lastiger. Dit kan alleen door grote delen van de leibedekking te verwijderen, waarbij de leien gemakkelijk schade oplopen tijdens het loshalen.

Afgezien van het verlies van cultuurhistorische waarden, zijn ook historische rieten daken niet geschikt om zonne-energie-installaties op aan te brengen. De dikte van een rietdek neemt met de jaren af, waardoor collectoren en panelen gaan uitsteken en aftekenen. Bovendien droogt riet slechter en rot het eerder weg als er geen direct zonlicht op kan vallen.
Zoals alle elektrische installaties kunnen ook zonnepanelen brandgevaarlijk zijn. Dit gaat vaak slecht samen met de brandbaarheid van riet. Ook zonnecollectoren zijn zonder beschermende maatregelen brandgevaarlijk op rieten daken, door hun soms hoog oplopende temperaturen.

Onderhoud en veiligheid

Zonnecollectoren en zonnepanelen vragen weinig onderhoud. Lichte vervuiling zoals stof en zand spoelt grotendeels weg bij elke regenbui, zolang het systeem staat onder een hoek van ten minste 15 graden. Vuil dat wel blijft zitten, heeft bij zonnecollectoren geen grote invloed op het rendement. Het is daarom meestal niet nodig om de glazen afdekplaat van zonnecollectoren schoon te maken. Dit is alleen nodig als de hoek kleiner is dan 15 graden of in een omgeving met sterke (lucht)vervuiling.

Dit ligt anders bij zonnepaneelsystemen. Vooral als deze op de grond staan, kunnen ze gemakkelijk vuil worden. Controleer de glasplaten één keer per jaar op zware vervuiling zoals uitwerpselen van vogels, bladeren, algenaanslag en vuil dat langs de randen blijft zitten. Het rendement van zonnepanelen daalt aanzienlijk door enkele vogeluitwerpselen en andere zware vervuiling op het glas. Verwijder ook regelmatig het stof op de omvormer(s) binnen in het gebouw. Door stof kan een omvormer minder goed zijn warmte kwijt, waardoor de stroomopbrengst daalt. Ook bij stroomproducerende folies of bitumen op platte daken is het belangrijk om het oppervlak regelmatig schoon te maken. Is vervuiling een probleem, verwijder het vuil dan met een zachte borstel en warm water. Gebruik zo nodig ook wat afwasmiddel of een ander niet-agressief reinigingsmiddel. Kleinschalig, incidenteel reinigen van de glasplaten kan vaak vanaf de grond gebeuren met borstels op lange stelen. Sommige bedrijven bieden schoonmaakcontracten aan voor zonnepanelen. Deze zijn vooral interessant voor grotere installaties met veel zonnepanelen, omdat daar het opbrengstverlies door vervuiling het meest kan oplopen.

Controles en onderhoudsinspecties

Zonnecollectoren met een antivriesmiddel moet u ten minste elk jaar laten controleren en zo nodig onderhouden. Dit is vaker dan bij andere typen collectoren. Het gaat hierbij vooral om het nalopen van het drukniveau en de hoeveelheid vorstbeschermingsmiddel in het circuit. Eigenaren kunnen op de kosten besparen door deze controles te combineren met het jaarlijkse onderhoud aan de cv-ketel.

Bij zonnepanelen is het belangrijk dat alle kabels nog vastliggen, de isolatie van de kabels geen tekenen vertoont van oververhitting of andere schade en dat er geen vraatschade is door knaagdieren, hoewel dit laatste niet vaak voorkomt. Laat deze zaken één keer per jaar controleren. Vraag dan meteen ook om te kijken of de panelen schade vertonen en nog goed waterdicht zijn. Door veroudering, vocht en slijtage kan de isolatieweerstand van zonnepanelen en kabels afnemen, waardoor er brand kan ontstaan. Daarom is het belangrijk om na verloop van tijd ook de isolatieweerstand te laten meten.
Laat bij stroomproducerende folies die op de dakbedekking worden gekleefd, controleren of ze op alle plaatsen nog goed vastzitten. Ook mogen er op deze folies geen plassen met regenwater blijven staan. Staan zonnepanelen los op een plat dak met ballast als verzwaring, kijk dan of ze niet zijn verschoven.

Laat collectoren en panelen zo plaatsen dat ze bereikbaar zijn voor onderhoud. Dit moet kunnen zonder gevaar voor personen en zonder dat cultuurhistorisch waardevolle materialen kunnen beschadigen. Zijn extra voorzieningen nodig om de installaties

beter bereikbaar te maken, houd dan rekening met de cultuurhistorische waarde.
Plaats deze voorzieningen zo dat het beeld en de historische materialen van het gebouw zo veel mogelijk worden ontzien.

Aarding
Zonnepanelen zijn niet uit te schakelen tijdens onderhoudswerkzaamheden. Een zonnepaneel waar een beetje licht op valt, wekt al stroom op. Het staat dus altijd onder spanning. Ook als u de stroom uitschakelt met de hoofdschakelaar in de meterkast, blijven de zonnepanelen en de bedrading tussen de panelen en de omvormer(s) onder stroom staan.

Zonnepanelen produceren gelijkstroom en geen wisselstroom zoals van het elektriciteitsnet. Als een persoon in aanraking komt met gelijkstroom, trekken zijn spieren veel langduriger samen dan bij wisselstroom. Hierdoor laat het slachtoffer het voorwerp onder spanning minder snel los. Dit maakt het risico van een elektrische schok bij zonnepanelen anders. Het gevaar zit niet alleen in elektrocutie, maar ook in desoriëntatie van het slachtoffer.
Zonnepaneleninstallaties vallen in het algemeen onder elektrische veiligheidsklasse II. Dit betekent dat ze dubbel geïsoleerd zijn om mensen tegen dit schokgevaar te beschermen.
Ondanks de dubbele isolatie kan er toch snel elektrische spanning op het frame van de zonnepanelen staan, door de zogeheten capacitieve koppeling. Deze spanning is niet altijd gevaarlijk, maar kan wel schrikreacties veroorzaken. Dit is vooral een risico op grote hoogte, door het bijkomende valgevaar. Omdat zonnepaneelinstallaties dubbel geïsoleerd zijn, is aarding meestal niet verplicht, maar deze is wel sterk aan te bevelen als schrikreacties gevaarlijke situaties kunnen opleveren. In twee gevallen is aarding van zonnepanelen wel verplicht: als ze in de buurt staan van een bliksembeveiligingsinstallatie en bij gebruik van een trafoloze omvormer.

Bliksem- en overspanningsbeveiliging
Zonnepanelen verhogen niet de kans op blikseminslag op een gebouw. Slaat de bliksem in, dan ontstaat meestal schade aan de elektronische apparatuur en de omvormer(s), niet aan de panelen zelf. Een bliksemafleiderinstallatie beveiligt hiertegen. Voor kleine zonnestroominstallaties op woonhuismonumenten is meestal geen bliksembeveiliging nodig. Deze beveiliging heeft echter wel zin voor grotere monumenten die ruim boven andere panden uitsteken. Hetzelfde geldt voor grotere zonnestroominstallaties.

Grotere monumenten beschikken vaak al over een bliksembeveiligingssysteem. Vergeet in dat geval niet om de zonnestroominstallatie daarop aan te sluiten. Belangrijk hierbij is om een bepaalde afstand aan te houden – minimaal 50 centimeter – tussen de bestaande bliksembeveiliging en de zonnestroominstallatie.
Dit om vonkoverslag of inductie tegen te gaan als de bliksem inslaat. De verschillende kabels van de zonnestroominstallatie zelf moeten juist wel dicht naast elkaar liggen, om te voorkomen dat de installatie schade oploopt tijdens blikseminslag. Een speciaal beveiligingsysteem kan nodig zijn voor zonnepanelen die op het erf staan, ver van de regelapparatuur en omvormer(s) binnen in het gebouw. Bliksembeveiliging is niet verplicht, hoe nuttig deze soms ook is.

Schade aan de elektronische apparatuur ontstaat niet alleen als de bliksem inslaat op het gebouw, maar ook als dit gebeurt in de bodem of op een boom in de directe omgeving. Een korte piek van hoge spanning kan dan via kabels en leidingen in de bodem het gebouw binnenkomen en daar schade aanrichten. Overspanningsafleiders bieden hier een beveiliging tegen. Overspanningsbeveiliging is zinvol in gebieden met een sterk verhoogde kans op bliksem, maar is niet verplicht.

Brandwonden en schroeischade
Bij collectoren en panelen op daken bestaat er tijdens onderhoud aan het systeem of het inspecteren van daken vooral een risico op brandwonden. Op warme, zomerse dagen kunnen vooral zonnecollectoren en soms ook zonnepanelen zeer heet worden door het zonlicht dat erop valt. Bij collectoren komt dit ook voor als er weinig of geen vraag is naar warm water, bijvoorbeeld als het water in het voorraadvat al heet genoeg is. Dan kan de temperatuur het sterkst oplopen in bepaalde, maar vaak wel lastig bereikbare delen: tot 220 graden Celsius bij vacuümcollectoren en tot 160 graden bij plaatcollectoren. Ook delen van de leidingen tussen de zonnecollectoren en de naverwarmer kunnen dan heel warm worden.
Laat collectoren daarom zodanig monteren dat de oppervlaktetemperatuur niet extreem hoog kan oplopen en plaats ze buiten het bereik van personen, bijvoorbeeld niet pal naast dakramen. Isolatie van de leidingen tussen de collectoren en de naverwarmer voorkomt brandwonden of eventuele schroeischade aan historische materialen en constructies. Gebruik daarbij alleen speciaal isolatiemateriaal voor zonnecollectoren, dat bestand is tegen hoge temperaturen.

Vrijstaand op het erf worden zonnepanelen beter geventileerd en daarmee ook gekoeld, waardoor ze minder warm worden. Op het erf vormen vooral zonnecollectoren nog een risico op brandwonden, ondanks de goede koeling. Zorg er dus voor dat niemand de collectoren zomaar kan aanraken.

Als installateurs de verbindingsstekkers in de bedrading van zonnepanelen losnemen, kunnen er soms vlambogen ontstaan. Dit

kan brandwonden veroorzaken. Het risico van vlambogen is groter bij gelijkstroom, zoals zonnepanelen opwekken, dan bij wisselstroom. Een vlamboog in een gelijkstroomsysteem blijft vrij lang staan, waardoor ook de kans op brand toeneemt, terwijl vlambogen in een wisselstroomsysteem meestal snel uitgaan.

Onderhoud aan historische daken
Elk historisch dak heeft regelmatig onderhoud nodig. Onderhoud aan de dakbedekking onder de collectoren en panelen is lastig, en kan meestal alleen gebeuren door de collectoren of panelen tijdelijk te verwijderen en vervolgens terug te plaatsen.
Plaats collectoren en panelen zodanig dat de goten altijd bereikbaar blijven om ze schoon te maken. Houd vooral op platte daken voldoende afstand tot de dakrand voor onderhoud aan de waterafvoervoorzieningen. Bij stroomproducerende bouwmaterialen die beloopbaar zijn, is het vaak voldoende om op platte daken alleen de dakrand vrij te houden. Vermijd verder dat collectoren of panelen de afwatering van regenwater over schuine dakvlakken belemmeren, bijvoorbeeld door vuil dat zich achter het systeem ophoopt. Bij daken waarop veel vuil terechtkomt, is het belangrijk dat er voldoende afstand is tussen het systeem en de bovenkant van het dak.

Zonnepanelen en -collectoren kunnen ook nog op andere manieren doorwerken op het onderhoud van historische daken. Zo groeien mossen en korstmossen gemakkelijker op de dakpannen onder deze installaties. Een nog belangrijker punt is dat zonnepanelen en -collectoren de dakbedekking aan het oog onttrekken. Kapotte of uitgezakte dakpannen vallen hierdoor niet snel op, waardoor ongemerkt lekkages kunnen ontstaan. Ook is het lastiger om bij de dakbedekking te komen, om schade te herstellen.

Vervanging en onbruik

Een zonne-energie-installatie gaat veel korter mee dan het gebouw waarop ze staat. Ook raken technieken verouderd, waarna er nieuwe en betere voor in de plaats komen. Houd daarom tijdens de plaatsing al rekening met de latere vervanging of verwijdering van onderdelen en uiteindelijk van de totale installatie. Zo voorkomt u veel schade aan historische materialen en constructies in de toekomst. Maak toekomstig onderhoud en vervanging van onderdelen of de hele installatie mogelijk zonder gevolgen voor de historische materialen en constructies.

Werkt het zonne-energiesysteem niet meer of is het in onbruik geraakt? Laat dan het hele systeem verwijderen, inclusief alle leidingen, kabels en aanvullende apparatuur. Ga bij het verwijderen van installaties voorzichtig te werk. Vermijd onnodige schade aan historische materialen en herstel na het verwijderen dat wat nodig is.

Combinaties met andere systemen

U kunt het milieu verder ontzien door verschillende duurzame energiesystemen met elkaar te combineren. Zonnepanelen kunnen bijvoorbeeld een warmtepomp van stroom voorzien. Een houtgestookte cv-ketel kan samen met zonnecollectoren een gebouw verwarmen. Ook andere combinaties van duurzame systemen zijn mogelijk. Veel monumenten kunnen zekere ingrepen best aan, maar als op zichzelf passende systemen worden gecombineerd, kan dit soms te ingrijpend zijn voor de cultuurhistorische waarden.

Quinta

6 Duurzame alternatieven

Veel historische gebouwen lenen zich voor het duurzaam opwekken van energie. Alleen de manier waarop verschilt per situatie: soms kan dit met zonne-energie en soms beter met een andere duurzame techniek. De techniek die het minst ingrijpt in de materialen en het karakter van het gebouw of gebied heeft de voorkeur. De fysieke en visuele gevolgen kunnen verschillen per techniek, en ook per gebouw of gebied.

Overstappen op groene stroom

Zijn zonnepanelen geen optie, dan kan een eigenaar of bewoner het milieu helpen door over te stappen op groene stroom van het net. Dit geldt ook voor een gebouw waar al zonnepanelen op staan, want meestal leveren panelen niet alle elektriciteit die per jaar nodig is. Groene stroom kan dan het ontbrekende deel aanvullen.
Alle grote energiebedrijven kunnen via het net groene stroom leveren. Deze stroom wordt opgewekt uit wind, water, zon en biomassa zoals hout, gft-afval en mest. Die belast het milieu minder dan grijze stroom uit aardgas of steenkool. Maar niet iedere groene stroom is even duurzaam. Raadpleeg de *Groene stroom checker* op www.hier. nu/echte-groene-stroom, om een goed alternatief te vinden.

Groene stroom is niet of nauwelijks duurder dan grijze stroom. Wel kan de prijs per energieleverancier verschillen. Eigenaren en huurders kunnen zelf overstappen op groene stroom van hun huidige energiebedrijf of van een nieuwe energieleverancier. In het laatste geval regelt het nieuwe energiebedrijf de afmelding bij het oude bedrijf. Bij het overstappen op groene stroom verandert alleen het contract. Er blijft op dezelfde manier elektriciteit uit het stopcontact komen, zonder enige ingreep in het monument.

Coöperatieve zonnestroom

Wil een eigenaar zelf stroom opwekken, maar is zijn pand ongeschikt om zonnepanelen op te plaatsen? Dan kan hij samen met anderen zonne-energie opwekken op een groot dak dat hiervoor wel geschikt is. Dit coöperatief stroom opwekken, gebeurt op steeds meer plaatsen,vaak op grote, moderne gebouwen met platte daken. Zo'n grote, gezamenlijke installatie kost vaak minder dan veel kleine, individuele installaties met hetzelfde vermogen. De leden van een dergelijke coöperatie financieren de zonne-energie-installatie met leningen of aandelen. Ieder lid wordt zo mede-eigenaar van de installatie. Zo'n coöperatie kan heel groot zijn, maar kan ook bestaan uit enkele leden van een vereniging van eigenaren of een paar bewoners in een straat.

De coöperatie kan de opgewekte elektriciteit via het elektriciteitsnet terugleveren aan de leden. Dit gebeurt niet letterlijk, maar administratief: de coöperatie verrekent de elders opgewekte energie met de energierekening thuis. Hierdoor ontstaat per lid een vergelijkbare situatie met een individueel zonnepanelensysteem op het eigen dak. Dit thuis verrekenen of salderen van stroom uit zonnepanelen verderop in de buurt heet: salderen op afstand.

Particulieren met zonnepanelen op hun eigen dak krijgen meestal belastingvoordeel als ze de stroom die ze niet direct verbruiken, terugleveren aan hun energieleverancier.
Sinds 1 januari 2014 betalen ook coöperaties met zonnepanelen minder belasting, doordat de energiebelasting voor coöperaties verlaagd is. Het belastingvoordeel hangt daardoor minder sterk af van de plek waar de zonnepanelen staan: op het eigen dak of op het dak van een ander ergens in de buurt. Dit verlaagde belastingtarief geldt overigens alleen onder bepaalde voorwaarden. De belangrijkste hiervan is dat de zonnepanelen staan op een vreemd dak of erf in de directe omgeving. Het gaat daarbij om de 'postcoderoos': een gebied van meerdere, aangrenzende postcodes. Op www.hieropgewekt.nl leest u meer over dit verlaagde belastingtarief voor coöperaties.

In coöperatief verband opgewekte zonnestroom vergt geen ingrepen in het monument en de coöperatie zorgt ervoor dat de opgewekte elektriciteit administratief verdeeld wordt over alle leden. Op zoek naar een coöperatie voor zonnestroom in de buurt? Kijk dan op www.hieropgewekt.nl. Wilt u zelf een coöperatie starten, maar niet alle administratie doen? Bepaalde bedrijven bieden zich aan als dienstverlener. Ze kunnen de coöperatief opwekte stroom meten, verdelen en administratief verwerken. Ook zijn er energieleveranciers die grote dakvlakken huren en daar voor coöperaties zonnepanelen op leggen.

Alternatieve installaties voor warmte en stroom

Zelf duurzame energie opwekken, kan niet alleen met de zon.
U kunt ook veel CO_2-uitstoot besparen door zelf tegelijkertijd stroom en warmte op te wekken, of door systemen te installeren die werken op bodemwarmte, luchtwarmte, biomassa zoals hout, en soms ook windkracht. Vaak is wel een omgevingsvergunning verplicht voor deze systemen.

HRe-ketels

Een HRe-ketel wekt tegelijkertijd warmte en elektriciteit op voor gebruik in huis. HRe-ketels werken gewoon op aardgas – een niet-duurzame brandstof – maar zijn wel milieuvriendelijk. Ze gaan namelijk heel zuinig om met energie door verliezen sterk te beperken. Hierdoor komt er minder CO_2 vrij.
Een HRe-ketel is ongeveer even groot als een gewone HR-ketel. Verschillen zijn er ook.
HRe-ketels zijn zwaarder dan gewone HR-ketels, en ze veroorzaken meer trillingen en geluid.

Noodzakelijke voorwaarden zijn een aansluiting op het riool, een opening in het dak of gevel om zuurstof aan te voeren en een schoorsteen om rook af te voeren. Maak kanalen, leidingen en openingen waar dit het minste opvalt en de minste schade oplevert aan historische materialen. De schade blijft vaak beperkt door in de bestaande schoorsteen een binnenvoering te plaatsen van kunststof of roestvast staal. De bestaande schoorsteen kan dan veilig rook afvoeren en tegelijkertijd zuurstof aanvoeren. Is de ketel lastig aan te sluiten op het riool of veroorzaakt dit te veel schade, breng dan een condensatiepompje aan.
HRe-ketels stoten in hun rook veel waterdamp uit, waardoor voortdurend vocht neerslaat op de gevel of het dak. De rookgasafvoer moet daarom de rook voldoende wegvoeren van materialen die hier slecht tegen kunnen.

HRe-ketels werken vooral goed in grotere gebouwen met weinig tot geen isolatie. De vraag naar warmte moet namelijk niet al te klein zijn om voldoende elektriciteit te produceren. De ondergrens ligt bij 1.600 kubieke meter gas per jaar voor de centrale verwarming van het huis. Bij deze hoeveelheid gas of meer voor ruimteverwarming zorgt een HRe-ketel voor een flink lagere elektriciteitsrekening. Gebruikt u ook gas voor koken en warm kraanwater, trek dan voor het bekijken van de ondergrens 25 procent af van het gasverbruik op de jaarrekening. Wat overblijft, is ongeveer het gasverbruik voor de centrale verwarming van een woning.

Houtgestookte cv-ketels, cv-kachels en cv-haarden
Een houtgestookte cv-ketel werkt als een gasgestookte ketel, maar dan met geperste houtkorrels, snoeihout of kloofhout als brandstof. Wie hiermee zijn huis en kraanwater duurzaam verwarmt, spaart fossiele brandstoffen zoals aardgas en verwarmt CO_2-neutraal. Wel kan soms extra CO_2-uitstoot ontstaan door droging en transport bij kunstmatig gedroogd hout en vervoer van korrels over lange afstanden. Houtgestookte cv-ketels hebben een hoger rendement en een schonere verbranding – dus minder uitstoot van fijnstof – dan een gewone houtkachel.
De aanschafkosten voor een houtgestookte cv-ketel zijn wel aanzienlijk hoger dan die voor een gasgestookte cv-ketel. De besparing moet komen uit het prijsverschil tussen hout en aardgas. Verwarmen met een houtgestookte cv-ketel is niet altijd goedkoper dan met een gasketel. De eventuele besparing hangt vooral af van de prijs voor het hout.

Houtgestookte cv-ketels zijn vaak het beste te plaatsen in kelders of in verderop gelegen bijgebouwen. Cv-ketels op hout zijn namelijk groter dan die op gas. Ook is extra ruimte nodig voor de houtvoorraad. Dit maakt het systeem vooral geschikt voor grotere huizen en andere gebouwen.

Houtgestookte cv-kachels of cv-haarden zijn kleiner dan ketels. Ze passen in de stookplaats van een woonkamer of een ander vertrek, en zijn gekoppeld aan gewone radiatoren. Hierdoor verwarmen ze niet alleen de ruimte waar ze staan, maar ook het water van de cv.

Voor een houtgestookte cv-ketel zijn twee openingen nodig in de gevel. Een om zuurstof van buiten aan te voeren en een om de voorraad houtkorrels aan te vullen. De laatste opening is niet nodig als u stookt op kloofhout. Maak deze openingen waar dit het minste opvalt en de minste schade oplevert. Voer rookgassen zo veel mogelijk af via de bestaande rookkanalen en schoorstenen. Om de veiligheid te verhogen, kunt u oude schoorstenen voorzien van een nieuwe, roestvast stalen binnenvoering. Is toch een nieuw kanaal of schoorsteen nodig, zorg dan dat dit zo min mogelijk opvalt of schade veroorzaakt.

Warmtepompen en hybride warmtepompen
Een warmtepomp haalt warmte uit de bodem, de buitenlucht, de ventilatielucht en soms ook uit het grondwater. De pomp kan hiermee ruimten verwarmen en zorgen voor warm kraanwater. Afgezet tegen de efficiëntste HR-ketel op gas bespaart een warmtepomp gemiddeld 17 procent op de energiekosten. Het energieverbruik zit in de elektriciteit die nodig is om te pomp te laten werken. Alleen met groene stroom bespaart u hiermee ook werkelijk CO_2. Tegenover de lagere energiekosten staan wel zeer hoge aanschafkosten, waardoor warmtepompen meestal niet rendabel zijn voor individuele huishoudens.
Goedkoper is een hybride warmtepomp. Dat is een moderne, gasgestookte HR-ketel met een ingebouwde of later toegevoegde warmtepomp. Deze pomp zorgt voor de verwarming van ruimten en kraanwater. De HR-ketel springt bij als u harder moet stoken bij koud weer of als er veel warm water nodig is.

Bij warmtepompen zijn openingen in de gevel of het dak nodig, om de warmte van buiten naar binnen te voeren. Daarnaast zijn grote ingrepen nodig in wanden en vloeren voor een speciaal verwarmingssysteem. Het gaat om systemen voor lage temperaturen, zoals vloer- en wandverwarming of speciale vergrote radiatoren. Dit is alleen niet nodig bij warmtepompen die hun warmte halen uit de buitenlucht en daarna afgeven aan de binnenlucht. Verder helpt isolatie, omdat warmtepompen minder warmte produceren dan een gewone cv-ketel. Een hybride warmtepomp kan al werken met het bestaande cv-systeem van gewone radiatoren en leidingen, waardoor er bij deze optie aanzienlijk minder ingrepen nodig zijn in een monument. Wel presteert een hybride warmtepomp vaak beter als ofwel de isolatie goed is ofwel de radiatoren speciaal vergroot zijn voor lagetemperatuurverwarming. Ook bij een hybride warmtepomp komt de warmte vaak van

buiten naar binnen via een te maken opening in de gevel. Dit alles kan alleen in monumenten met weinig waardevolle interieurs en vaak goede mogelijkheden voor isolatie.
Een warmtepompsysteem aanleggen is een zeer grote ingreep. Het beste moment daarvoor is een grote verbouwing, renovatie of herbestemming. Dit maakt het systeem ook wat goedkoper.

De warmtepomp zelf ziet eruit als een grote verwarmingsketel en komt binnen in het gebouw te staan. De pomp maakt enig geluid, ook bij systemen met een geluidsisolerende kast en ophanging. Om warmte uit de bodem of het grondwater te halen, is omvangrijk graafwerk nodig om de nodige voorzieningen aan te leggen. Dit kan niet zo maar op plekken waar archeologische resten te verwachten zijn. Is de buitenlucht de warmtebron, dan komt er een warmtewisselaar te staan op het dak of dicht bij de gevel. Kies de plaats hiervoor zorgvuldig uit.

Kleine windturbines
Kleine windturbines zijn turbines met een beperkte diameter en gering vermogen. De diameter van de rotor is kleiner dan 7 meter en het vermogen bedraagt maximaal
6 kilowatt. De kleine omvang maakt deze turbines toepasbaar op en rond gebouwen. Kleine windturbines boven op historische gebouwen zijn echter meestal geen optie, omdat de meeste een halve meter boven het dak moeten uitsteken, en meestal zelfs veel meer. De wind is daar namelijk sterker en meer gelijkmatig. Hierdoor doorbreken de turbines het silhouet van historische gebouwen en zijn ze goed zichtbaar van alle kanten. Ook veroorzaken ze trillingen die historische materialen en constructies kunnen schaden. Bevestig daarom nooit kleine windturbines aan schoorstenen of bakstenen geveltoppen.
De milieuwinst van kleine windturbines is zeer beperkt. Ook weegt de opbrengst meestal niet op tegen de investering. Daarvoor is de gemiddelde windsnelheid in de gebouwde omgeving en buiten de kustzone vaak te laag.

Kleine windturbines op het erf plaatsen is meestal een betere optie dan boven op historische gebouwen. Kijk wel naar de mogelijke gevolgen voor de cultuurhistorische, ruimtelijke en archeologische waarden van het gebouw en zijn omgeving. Houd de turbine uit het zicht van het publiek en doorbreek geen belangrijke uitzichten op, vanuit of binnen het perceel. Blijf met de turbine uit de buurt van historische gebouwen en alle belangrijke en waardevolle onderdelen van het perceel. Kies een plek waar de turbine wegvalt tegen het achterliggende landschap in plaats van afsteekt tegen de lucht. Beperk verder de hoogte van de installatie zo veel mogelijk. Houd ook rekening met mogelijke archeologische resten als er graafwerkzaamheden nodig zijn voor kabels en fundering.

Kleine windturbines veroorzaken geen hinderlijke schaduwflitsen. De rotorbladen van deze turbines zijn daarvoor te klein en draaien te snel. Ook veroorzaken ze meestal geen storende flikkering van reflecterend zonlicht dat op de rotorbladen valt. Daarvoor zorgt een antireflectiecoating op de bladen van de meeste turbines.

7 Besparingen, financiering en vergunningen

Vergeleken met maatregelen om energie te besparen, zijn er hoge investeringskosten gemoeid met het zelf opwekken van energie. Ook de terugverdientijden zijn lang. Toch haalt u deze hoge kosten er in veel gevallen wel uit. Bij monumenten is altijd een vergunning nodig voor een zonne-energie-systeem. Vaak ook in beschermde gezichten, maar niet altijd.

Co_2- en energiebesparing

Een gemiddelde woning in Nederland is per jaar goed voor ongeveer 5000 kilo CO_2-uitstoot, door het verbruik van 1800 kubieke meter gas en 3500 kilowatturen aan elektriciteit. Met zonnecollectoren heeft een huishouden ongeveer de helft minder gas nodig om kraanwater te verwarmen. Dit scheelt gemiddeld per jaar circa 170 kubieke meter aardgas of 285 kilo CO_2-uitstoot. Dit geldt bij een gemiddelde, onzuinige ketel. Bij een HR-ketel is de besparing lager: 130 kubieke meter gas of 205 kilo CO_2.
Een zonnepanelensysteem van zes zonnepanelen levert per jaar bijna 1300 kilowatt-uren elektriciteit. Vergeleken met netstroom bespaart dit circa 450 kilo uitstoot van CO_2. Als de netstroom in de komende jaren langzaam groener wordt, komt dit getal iets lager te liggen.
Bij deze besparingsgetallen is rekening gehouden met de CO_2-uitstoot bij de productie van zonnecollectoren en zonnepanelen, en ook met de CO_2-uitstoot van de elektrische circulatiepomp van collectorensystemen. Er is geen rekening gehouden met de CO_2-uitstoot door het transport van collectoren en panelen die uit het buitenland geïmporteerd worden.

Investeringskosten en terugverdientijden

Een gemiddeld zonnecollectorensysteem kost tussen de 2.000 en 3.500 euro voor aanschaf en installatie. Vervangt u tegelijkertijd ook de cv-ketel, dan lopen deze kosten op naar 3.000 tot 5.000 euro. Deze uitgaven verdient de eigenaar terug door een lagere gasrekening. De periode die daarvoor nodig is – de terugverdientijd – bedraagt ongeveer 10 tot 20 jaar. Het voordeel zit erin dat de totale levensduur van het systeem langer is, namelijk zo'n 25 tot 30 jaar.

Een gemiddeld zonnepanelensysteem kost ongeveer 3.000 tot 5.000 euro voor aanschaf en installatie. Hierbij is de terugverdientijd ongeveer 10 tot 15 jaar. Ook van dit systeem is de levensduur langer, namelijk zo'n 25 tot 30 jaar. De prijs van zonnepaneleninstallaties met een vergelijkbaar vermogen loopt niet sterk uiteen, maar stroomproducerende dakpannen of leien kosten aanzienlijk meer dan een gewoon systeem met panelen.

Per pand kunnen de exacte kosten en dus de terugverdientijden sterk verschillen, afhankelijk van het gekozen systeem, de manier van plaatsing, de ligging van het pand, de grootte van het systeem en een eventuele lening voor de aanschaf. Ook als extra maatregelen of voorzieningen nodig zijn – bliksembeveiliging, steigerwerk, langere leidingroutes in historische interieurs, waterkerende damp-open folie op het dakbeschot en eventuele asbestsanering – worden de kosten hoger. Hetzelfde geldt voor onderhoud aan het dak waarbij de panelen of collectoren tijdelijk worden verwijderd en vervolgens terugplaatst.
Zeer grote zonnepanelensystemen van meer dan 25 panelen vragen meestal om een zwaardere, driefase elektriciteitsaansluiting. Hieraan zijn kosten verbonden tot soms 800 euro. Ook gaan bij een zwaardere aansluiting de jaarlijkse vastrechtkosten vaak omhoog met ongeveer 600 euro.

De belangrijkste kosten zitten in de aanschaf en installatie van het systeem. In het onderhoud gaat weinig geld zitten. De onderhoudskosten bestaan voornamelijk uit het vervangen van onderdelen die minder lang meegaan. Bij een zonnewarmtesysteem is dat de circulatiepomp. Het vervangen van zo'n pomp kost ongeveer 300 euro. Bij een zonnestroomsysteem gaan de omvormers minder lang mee. Als die vervangen moeten worden, kost dit rond de 900 euro.
Collectoren met een antivriesmiddel hebben, net als cv-ketels, jaarlijks onderhoud nodig. Dit kost ongeveer 30 euro per jaar, als u dit onderhoud tegelijk laat uitvoeren met het onderhoud aan de cv-ketel. Collectoren zonder een antivriesmiddel – vaak ongeschikt voor monumenten – kunnen toe met minder en goedkoper onderhoud.
Ten slotte zijn er niet alleen kosten gemoeid met het installeren van het systeem, maar ook met het ontmantelen en verwijderen ervan, wanneer het op zijn eind is.

Vergoeding voor teruggeleverde stroom

Eigenaren van zonnepanelen kunnen de stroom die ze niet meteen verbruiken, via het elektriciteitsnet terugleveren aan hun energiebedrijf. Het energiebedrijf verrekent die stroom met de stroom die ze op een ander moment van het bedrijf afnemen. Het energiebedrijf is hiertoe wettelijk verplicht. Eigenaren ontvangen daarbij dezelfde prijs, inclusief energiebelasting en btw, als ze betalen voor de afgenomen stroom. Dit verrekenen van teruggeleverde stroom met afgenomen stroom heet salderen.
Salderen is alleen mogelijk voor kleinverbruikers. Ook mag de opgewekte hoeveelheid stroom in een jaar niet groter zijn dan het eigen verbruik. Levert een eigenaar meer stroom terug dan hij zelf op jaarbasis verbruikt, dan ontvangt hij over het meerdere een aanzienlijk lagere prijs. Het heeft daarom weinig zin om met panelen meer stroom op te wekken dan u zelf in een jaar verbruikt. Hoeveel u precies terugkrijgt over het meerdere, verschilt per energiebedrijf. U leest hier meer over op bijvoorbeeld www.gaslicht.com of www.energievergelijker.com.

Huurders kunnen stroom salderen als ze op eigen kosten de zonnepanelen plaatsen. Zij moeten hiervoor wel eerst schriftelijk toestemming vragen aan hun verhuurder. Daarnaast is het verstandig voor huurders om met hun verhuurder afspraken te maken over een vergoeding voor de restwaarde bij verhuizing. Maar als huurder kunt u de panelen ook doorverkopen aan de volgende huurder. Die moet dan wel in een contract met de verhuurder vastleggen dat de panelen niet behoren tot de standaarduitrusting van de huurwoning, maar vallen onder de zelfaangebrachte voorzieningen. Kijk voor een voorbeeldcontract op www.woonbond.nl.

Om te salderen hebt u een geschikte elektriciteitsmeter nodig. Met een draaischijf-kWh-meter, die ook kan terugdraaien, gebeurt het salderen automatisch. Deze meter draait achteruit als u stroom aan het net levert. De meter verrekent hierdoor automatisch de afgenomen elektriciteit met de teruggeleverde elektriciteit.
Zit in het pand een digitale eenrichtingsmeter of een kWh-meter met een terugdraaiblokkering, dan is salderen niet mogelijk. Dan moet de meter worden vervangen door een digitale meter die wel twee richtingen op kan draaien. Kijk voor meer informatie over het salderen en terugleveren van stroom aan het energiebedrijf op www.consuwijzer.nl en www.milieucentraal.nl.

Subsidies en goedkope leningen

Het Rijk geeft geen monumentensubsidie op technische installaties in monumenten voor het wooncomfort, dus ook niet op zonne-energiesystemen. Eigenaren van woonhuismonumenten kunnen de kosten voor deze installaties niet aftrekken van de inkomstenbelasting. Wel kunnen zij mogelijk een beroep doen op energiesubsidies. Gemeenten, provincies, het Rijk en financiële instellingen geven regelmatig een energiesubsidie of goedkope lening voor zonne-energie-installaties, als bijdrage in de kosten voor aanschaf en installatie van het systeem. Kijk voor alle mogelijkheden, zowel plaatselijk als regionaal en landelijk, op: www.energiesubsidiewijzer.nl.
Veel gemeenten bieden goedkope leningen aan via het Stimuleringsfonds Volkshuisvesting Nederland, ook steeds vaker via het Nationaal Restauratiefonds. Zie hierover www.svn.nl en www.restauratiefonds.nl. Een andere mogelijkheid is het Nationaal Energiebespaarfonds: www.ikinvesteerslim.nl.
De mogelijkheden voor subsidies en goedkope leningen kunnen veranderen. U leest de actuele ontwikkelingen op bovengenoemde websites.

Omgevingsvergunning verplicht of niet

Vaak hebt u een omgevingsvergunning nodig om systemen met zonnecollectoren of zonnepanelen te plaatsen. Dit geldt voor systemen:

- op het erf rond alle gebouwen (monumenten, gebouwen in beschermde gezichten en niet-beschermde gebouwen);
- op monumenten;
- op gebouwen in beschermde stads- en dorpsgezichten;
- op andere plekken van gebouwen dan het dak.

Er zijn enkele belangrijke uitzonderingen. Soms zijn systemen te plaatsen zonder een omgevingsvergunning, als u voldoet aan bepaalde voorwaarden.

Op het erf

Zonnecollectoren en -panelen op het erf rond gebouwen zijn zichtbaar van buitenaf. Daarom hebt u hiervoor een omgevingsvergunning nodig. Dit geldt bij alle gebouwen: monumenten, panden in beschermde gezichten en niet-beschermde gebouwen. Overigens kunnen niet alleen gebouwen de status van monument hebben, maar ook historische tuinen, landerijen, buitenplaatsen, parken en begraafplaatsen zoals kerkhoven.

Op monumenten

Als een zonne-energie-installatie op een monument wordt geplaatst, leidt dit tot veranderingen in het uiterlijk en de materialen of constructies van een monument. Om die reden hebt u hiervoor een omgevingsvergunning nodig. Dit geldt voor zowel rijksmonumenten als gemeentelijke monumenten. Bij deze monumenten zijn niet alleen de gevels en het dak beschermd, maar ook de binnenkant van het gebouw. De vergunning kan dus ook slaan op wijzigingen aan de binnenkant, zoals voor het aanbrengen van een watervoorraadvat of leidingen.
U hebt ook een vergunning nodig voor een installatie op nieuwere delen van een monument, en voor bijgebouwen op het erf die voorkomen in de omschrijving van het pand in het rijksmonumentenregister of bij de gemeente. Onder bepaalde voorwaarden hebt u echter geen vergunning nodig voor niet-beschermde bouwwerken bij een monument. Denk bijvoorbeeld aan een later geplaatste, losstaande garage. Dan gelden de voorwaarden zoals voor gewone gebouwen zonder bescherming (zie tabel 5).
Voor monumenten die zijn beschermd door de gemeente of de provincie, kunnen andere regels gelden dan voor rijksmonumenten. Kijk hiervoor op de website van uw gemeente of provincie.

Op gebouwen in beschermde gezichten

Zonne-energiesysteem veranderen het uiterlijk en aanzien van beschermde stads- en dorpsgezichten. Daarom hebt u een omgevingsvergunning nodig voor zo'n systeem op panden binnen een beschermd gezicht.
Er is een uitzondering: u hebt geen vergunning nodig voor het schuine dak aan de achterkant van het pand zolang dit niet zichtbaar is vanuit openbaar gebied, zoals een weg, park of gracht. Is het systeem vergunningvrij te plaatsen op het achterdakvlak, dan moet

Bescherming	Wel of geen vergunning nodig
monument (rijksmonu-ment, gemeentelijk monu-ment of provinciaal monu-ment)	Altijd een omgevingsvergunning nodig voor zonne- energie-installaties op het monument en op het erf eromheen. Voor niet-beschermde bouwwerken bij het monument – zoals een later geplaatste garage – kan dit onder bepaalde voorwaarden soms zonder vergunning. Voor gemeentelijke en provinciale monumenten kunnen andere regels gelden.
niet-monument binnen een beschermd stads- of dorpsgezicht	Wel een omgevingsvergunning nodig voor zonne-energie- installaties op het *schuine voor- of zijdakvlak* en op *platte daken*. Geen vergunning nodig voor deze installaties op het *schuine achterdakvlak*, zolang: • de collectoren en panelen niet gericht zijn naar openbaar gebied (zoals een straat, gracht of park); • de collectoren of panelen niet uitsteken voorbij de nok, de dakvoet of de dakranden; • de collectoren of panelen direct in of op het dakvlak staan, dus zonder een opbouw ertussen; • de hellingshoek van de collectoren of panelen gelijk is aan die van het dak; • alle overige delen van de installatie – zoals het watervoorraadvat of elektrische apparatuur – binnen in het betreffende gebouw staan.
'gewoon' gebouw (geen monument of beschermd gezicht)	Geen omgevingsvergunning nodig voor zonne-energie-installaties, zolang: • op *schuine daken* de collectoren of panelen niet uitsteken voorbij de nok, de dakvoet of de dakranden; • op *schuine daken* de collectoren of panelen direct in of op het dakvlak staan, dus zonder een opbouw ertussen; • op *schuine daken* de hellingshoek van de collectoren of panelen gelijk is aan die van het dak; • op *platte daken* het hoogste punt van de collectoren of panelen niet groter is dan de afstand tot de dakrand; • alle overige delen van de installatie – zoals het water- voorraadvat of elektrische apparatuur – binnen in het betreffende gebouw staan.
beschermd archeologisch monument	Meestal een vergunning nodig voor kabel- en leiding- sleuven en funderingen van zonne-energie-installaties op het erf. Bij archeologische rijksmonumenten gaat het om een archeologische monumentenvergunning, bij gemeentelijke archeologische monumenten om een omgevingsvergunning.
erven of terreinen met kans op archeologische resten of sporen	Geen archeologisch vooronderzoek nodig voor kabel- en leidingsleuven en funderingen van zonne-energie-installaties op het erf, zolang het graafwerk binnen een door de gemeente vastgestelde diepte en oppervlakte blijft.

Tabel 5. Overzicht van vergunningsregels voor het plaatsen van een zonne-energiesysteem

u zich wel aan bepaalde regels houden. U vindt deze in tabel 5. Twijfelt u of het gaat om een door het Rijk beschermd stads- of dorpsgezicht, kijk dan op de stads- en dorpsgezichtenkaart op www.cultureelerfgoed.nl. Bij door gemeenten beschermde dorps- en stadsgezichten kunnen andere regels gelden. De website van uw gemeente biedt meer informatie.
Binnen beschermde gezichten liggen ook monumenten. Voor zonne-energie-installaties op monumenten hebt u altijd een vergunning nodig, dus ook voor monumenten die liggen binnen een beschermd gezicht.

Op andere plekken van gebouwen dan het dak
Voor zonnecollectoren en -panelen tegen gevels hebt u een omgevingsvergunning nodig voor alle gebouwen, dus voor monumenten, gebouwen in een beschermd gezicht en niet-beschermde gebouwen.

Aanvullende gemeentelijke regels
De wettelijke randvoorwaarden voor zonnecollectoren en -panelen komen voort uit het Besluit omgevingsrecht en het Bouwbesluit. Daarnaast kan de gemeente in de planologische regels van haar bestemmingsplan aanvullende eisen stellen aan zonne-energie-installaties. Ook in de redelijke eisen van welstand uit de gemeentelijke welstandsnota kan de gemeente bepalingen opnemen voor monumenten en beschermde gezichten. Als iemand een omgevingsvergunning aanvraagt, toetst de gemeente deze aanvraag ook aan deze plaatselijke regels.

Vergunningen rond archeologie
Komen collectoren of panelen op het erf te staan, dan kan archeologie een rol spelen. Bij een beschermd archeologisch monument hebt u meestal een vergunning nodig voor graafwerkzaamheden. Daaronder valt het graven van funderingen en leiding- en kabelsleuven. De vergunning voor archeologische rijksmonumenten is anders dan die voor gemeentelijke of provinciale archeologische monumenten. Neem in alle gevallen contact op met de gemeente om te vragen of u een vergunning nodig hebt. Alle beschermde archeologische monumenten staan duidelijk aangegeven op de gemeentelijke bestemmingsplannen.

Ook als een terrein geen beschermd archeologisch monument is, kan de bodem waardevolle archeologie bevatten. Elke gemeente beschikt over een kaart van gebieden met een hoge trefkans op archeologische overblijfselen. In deze gebieden is vaak eerst een

archeologisch onderzoek nodig vóórdat iemand gaat graven in de bodem. Dit onderzoek is echter niet verplicht bij kleinere graafwerkzaamheden, tot een bepaalde diepte en binnen een bepaalde oppervlakte. De gemeente kan u vertellen hoe diep en uitgebreid u precies mag graven.
Gebieden met een hoge archeologische trefkans staan aangegeven op de archeologische verwachtingskaart van iedere omgeving. Raadpleeg ook hiervoor de gemeente.

Mogelijke andere toestemmingen nodig
Wanneer u geen omgevingsvergunning nodig hebt om een zonne-energie-installatie te plaatsen, dan kunt u nog wel zo'n vergunning nodig hebben voor andere zaken. Bijvoorbeeld om een boom te kappen of een niet-monumentale tuinberging te slopen. Informeer bij uw gemeente of doe de vergunningscheck op www.omgevingsloket.nl.

Vergunningen bij vervanging
Om onderdelen van een bestaand, legaal geplaatst zonne-energiesystemen te vervangen door gelijksoortige onderdelen, hebt u geen omgevingsvergunning nodig. Dit ligt anders als het vervangende onderdeel niet overeenkomt met het oorspronkelijke onderdeel. Dan verandert de situatie en hebt u mogelijk wel een vergunning nodig.

Eerst overleggen, dan vergunning aanvragen

De gemeente gaat over de omgevingsvergunning, ook bij een rijksmonument. Is een omgevingsvergunning nodig, dan kunt u het beste vooraf met uw gemeente overleggen. Doe dit ruim vóór het aanvragen van een omgevingsvergunning en het aangaan van zakelijke verplichtingen. Dus ook al vóórdat u definitief kiest voor een bepaald type installatie en offertes aanvraagt. De gemeente kan u namelijk in een vroeg stadium al vertellen of u kans maakt op een vergunning met uw plannen, en ook hoe u die kans kunt vergroten. Op pagina 20-21 vindt u de belangrijke basisprincipes waarop veel gemeenten hun advisering direct of indirect baseren. Ga opnieuw naar de gemeente als duidelijk is hoe de installatie eruit komt te zien, maar als de installateur nog moet starten met de eerste ontwerptekeningen. Dit voorkomt latere verrassingen en tegenvallers in tijd en geld. Werk daarna de plannen en tekeningen volledig uit. Vraag dan pas een vergunning aan bij de gemeente. Misschien strekken uw plannen verder dan alleen het plaatsen van een zonne-energie-systeem. Dan kijkt de gemeente ook naar de andere maatregelen.

Een vergunningaanvraag indienen
Eigenaren kunnen hun vergunningaanvraag digitaal indienen op de website van hun gemeente of op www.omgevingsloket.nl of. Daar staat het standaardformulier voor de aanvraag. Eventueel kan de aanvraag ook op papier worden ingediend bij het omgevingsloket in het gemeentehuis of stadskantoor.
Meestal hoort de aanvrager binnen acht weken van zijn gemeente of hij wel of niet een omgevingsvergunning krijgt. Gaat het om een ingewikkelder plan, dan kan de gemeente eenmalig zes weken extra tijd inplannen. De Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed adviseert de gemeente niet bij deze korte vergunningprocedure van acht weken. De rijksdienst doet dit alleen bij bepaalde, zeer ingrijpende plannen, en dan duurt de procedure 26 weken.

Uit de vergunningaanvraag moet duidelijk blijken wat iemand van plan is, hoe de situatie er nu uitziet en hoe deze er straks uit komt te zien. Dit vraagt om inzichtelijke informatie over de installatie, het gebouw en zijn omgeving, zoals:
- foto's van de plek waar de installatie moet komen te staan, van de omgeving en van de kleur van het dak;
- een situatietekening met zichtlijnen waaruit blijkt dat de installatie niet zichtbaar is vanuit openbaar gebied;
- technische gegevens over het type systeem, foto's waarop de kleur en reflectie van het systeem goed is te zien en eventueel aanvullende productdocumentatie;
- tekeningen op schaal van het voorgestelde systeem, met maten en aantallen van de afzonderlijke collectoren en/of panelen. Bij daken moeten ook alle bestaande dakkapellen, daklichten, schoorstenen en dergelijke op tekening te zien zijn;
- informatie over de bevestiging of fundering, openingen voor en routes van kabels of leidingen, de plaats van alle aanvullende apparatuur en eventuele veranderingen aan de bestaande dakbedekking of dakconstructie.

Eigenaren moeten vooraf goed nagaan welke documenten ze moeten inleveren bij hun vergunningaanvraag. Informeer hiernaar bij uw gemeente of kijk op www.omgevingsloket.nl. Zorg ervoor dat de aanvraag compleet is, want incomplete aanvragen zorgen voor onnodige vertragingen.

Meer informatie

Organisaties

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
InfoDesk
033 – 4217456
info@cultureelerfgoed.nl
www.cultureelerfgoed.nl of subsite www.monumenten.nl
Informatiepunt voor particulieren, vakmensen en overheden met vragen over het beheer en behoud van cultureel erfgoed

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Informatiepunt 088 – 6022533
informatiepunt@rvo.nl
www.rvo.nl/duurzameenergie
Informatiepunt voor vakmensen en overheden met vragen over duurzame energie

Milieu Centraal
www.milieucentraal.nl

ISSO
010 – 2065969
isso@isso.nl www.isso.nl
Organisatie voor onderzoek naar en kennisverspreiding over installaties in gebouwen

Holland Solar
030 – 2328008
hollandsolar@hollandsolar.nl
www.hollandsolar.nl
Branchevereniging van producenten, leveranciers en installateurs van zonne-energie-systemen

UNETO-VNI
079 – 3250650
info@uneto-vni.nl
www.uneto-vni.nl
Branchevereniging van installatiebedrijven van onder andere zonne-energiesystemen

Stichting Duurzame Energie Prestatie Keur
030 – 2328008
depk@depk.nl
www.depk.nl
Beheerder van het keurmerk zonnekeur

Stichting Kwaliteit voor Installaties Nederland
010 – 2066550
info@kvinl.nl
www.kvinl.nl
Beheerder van erkennings- en certificeringregelingen voor installatiebedrijven

Websites

Installateurs en leveranciers van zonnecollectoren en zonnepanelen:
www.hollandsolar.nl
www.uneto-vni.nl
www.vindinstallateur
duurzameenergie.nl

Keurmerken voor zonne-energie-installaties en/of installateurs:
www.kvinl.nl
www.zonnekeur.nl
www.solarkeymark.org

Coöperaties voor zonnestroom:
www.hieropgewekt.nl

(Restauratie)architecten:
www.bna.nl
www.vawr.nl

Salderen of verrekenen van zelf opgewekte stroom:
www.consuwijzer.nl/energie/duurzame-energie/teruglevering

Salderen of verrekenen van coöperatief opgewekte stroom:
www.hieropgewekt.nl/dossiers/750/verlaagd-tarief

Energiebesparing in historische gebouwen:
www.centrum.amsterdam.nl/wonen_en/monumenten_en/energiebesparing/
www.climatechangeandyourhome.org.uk
www.degroenegrachten.nl/menukaart/
www.monumenten.nl/specials/duurzaam-erfgoed

Zelf opwekken van duurzame energie (niet specifiek voor monumenten):
www.duurzaamdoen.nl
www.groenekerken.nl
www.milieucentraal.nl
www.ode.be www.rvo.nl/duurzameenergie

Gemeentelijke, provinciale en landelijke energiesubsidies en goedkope leningen:
www.energiesubsidiewijzer.nl
www.ikinvesteerslim.nl
www.restauratiefonds.nl www.svn.nl

Omgevingsvergunning voor zonne-energie-installaties:
www.omgevingsloket.nl website van de gemeente

Vergunning of onderzoek bij archeologisch waardevolle terreinen:
website van de gemeente www.monumenten.nl/regionaal/gemeentelijke-informatie

Overzicht van door het Rijk beschermde monumenten:
http://monumentenregister.cultureelerfgoed.nl/php/main.php

Overzicht van door het Rijk beschermde stads- en dorpsgezichten:
www.cultureelerfgoed.nl/dossiers/stads-en-dorpsgezichten/kaartinformatie

Door de gemeente beschermde monumenten of gezichten: *website van de gemeente www.monumenten.nl/regionaal/gemeentelijke-informatie*

Literatuur

Amerongen, G. van, Gramsbergen, E. en Meijden, C. van der (2012) *Zonne-energie: bouwkundige en installatietechnische richtlijnen voor zonne-energiesystemen,* ISSO, Rotterdam.

Anon. (z.j.) *Installing modern services on heritage buildings including measures to enhance environmental sustainability,* Tasmanian Heritage Council, Hobart. http://www.heritage.tas.gov.au/media/pdf/Modern_services_Web.pdf

Anon. (2008) *Microgeneration in the historic environment,* English Heritage, Londen. http://www.english-heritage.org.uk/publications/microgeneration-in-the-historic-environment/microgeneration.pdf

Anon. (2008) *Solaranlagen, Baudenkmäler und Ortbildschutz: Positionspapier,* Schweizer Heimatschutz, Zürich. http://www.heimatschutz.ch/fileadmin/heimatschutz/ user_upload/files/Positionspapier/Positionspapier_Solaranlagen_.pdf

Anon. (2009) *Renewable heritage: a guide to microgeneration in traditional and historic homes,* Changeworks, Edinburgh. http://www.changeworks.org.uk/ householders/technical-guides-for-energy-improvements/475/

Anon. (2010) *Energy: grow your own,* National Trust, Swindon. http://www.national trust.org.uk/document-1355764773127/

Anon. (2010) *Micro-renewables: managing change in the historic environment,* Historic Scotland, Edinburgh. http://www.historic-scotland.gov.uk/micro-renewables.pdf

Anon. (2010) *Renewable energy and your historic building: installing micro-generation systems, a guide to best practice,* Cadw, Cardiff. http://cadw.wales.gov.uk/docs/cadw/ publications/Micro_gen_booklet_EN.pdf

Anon. (2011) *Here comes the sun: a field trial of solar water heating systems,* Energy Saving Trust, Londen. http://www.energysavingtrust.org.uk/Publications2/Generating-energy/Field-trial-reports/Here-comes-the-sun-a-field-trial-of-solar-water-heating-systems

Anon. (2013) *Elektriciteit uit zonlicht: zonnepanelen,* Vlaams Energieagentschap, Brussel. www.vlaanderen.be/nl/publicaties/detail/elektriciteit-uit-zonlicht-1

Anon. (2013) *Planning guidance for the development of large scale ground mounted solar PV systems,* BRE National Solar Centre, Building Research Establishment, St Austell. www.bre.co.uk/filelibrary/pdf/other_pdfs/KN5524_Planning_Guidance_ reduced.pdf

Anon. (2013) *Warmte uit zonlicht: de zonneboiler,* Vlaams Energieagentschap, Brussel. www.vlaanderen.be/nl/publicaties/detail/warmte-uit-zonlicht-1

Anon. (2014) *Opleveringschecklist photovoltaïsche installaties,* UNETO-VNI, Zoetermeer.

Anon. (2014) *Meting- en beproevingschecklist photovoltaïsche installaties,* UNETO-VNI, Zoetermeer.

Bleeker, R. en Egmond, H. van (2011) [met aanvulling januari 2012] *Handboek vergunningvrij bouwen,* Sdu uitgevers, Den Haag, p. 58a-58h en 81-83.

Bouquegneau, C. en Cailleux, E. (2010) *Fotovoltaïsche systemen en bliksembeveiliging,* WTCB dossier, nr. 4/2010, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Brussel.

De Cuyper, K. (red.) (1999) *Leidraad voor de installatie van zonneboilers,* Technische voorlichting, nr. 212, tweede druk, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Brussel.

Evans, D. (2012) *Solar electric (photovoltaic) panels and slates on listed places of worship: guidance note,* English Heritage, Londen. http://www.english-heritage.org.uk/ publications/se-panels-pow/se-photovoltaic-panels-pow-guidance.pdf

Gunn, C. (2008) *Small-scale solar electric (photovoltaics) energy and traditional buildings,* English Heritage, Londen. http://www.english-heritage.org.uk/publications/ small-scale-solar-electric-photovoltaics-energy/49357-solarelectric.pdf

Gunn, C. (2008) *Small-scale solar thermal energy and traditional buildings,* English Heritage, Londen. http://www.english-heritage.org.uk/publications/small-scale-solar-thermal-energy-and-traditional-buildings/17999-solarthermal08.pdf

Hermannsdörfer, I. en Rüb, C. (2005) *Photovoltaik für Altbau, Stadtraum, Landschaft,* Jovis Verlag, Berlijn.

Holden, J. (2014) *Making the most of renewable energy systems,* BRE digest, nr. 531, Building Research Establishment, Garston.

Hummelt, K. (2014) *Micro-renewables in the historic environment.* Short guide, nr. 8, Historic Scotland, Edinburgh. http://conservation.historic-scotland.gov.uk/short-guide-8.pdf

Kandt, A. e.a. (2011) *Implementing solar PV projects on historic buildings and in historic districts,* National Renewable Energy Laboratory, Golden, p. 20-21. http://www.nrel.gov/docs/fy11osti/51297.pdf

Kooles, K. en Rushing, C. (2011) *Sample guidelines for solar panels in historic districts*, National Alliance of Preservation Commissions, Athens. http://www.preservationnation. org/information-center/sustainable-communities/buildings/solar-panels/additional-resources/NAPC-Solar-Panel-Guidelines.pdf

Kuborn, X. en Bossche, P. van den (2012) *Montagetechnieken voor zonnepanelen op hellende daken,* WTCB dossier, nr. 2012/2.5, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Brussel.

Laughton, C. (2010) *Solar domestic water heating,* Earthscan expert series, Earthscan, Londen en Washington.

Pester, S. en Crick, F. (2013) *Performance of photovoltaic systems on non-domestic buildings,* Building Research Establishment, Garston.

Pester, S. en Thorne, A. (2011) *Photovoltaic systems on dwellings: key factors for successful installations,* BRE information paper, nr. 8/11, Building Research Establishment, Garston.

Prince's Regeneration Trust, The (2010) *The green guide for historic buildings: how to improve the environmental performance of listed and historic buildings,* TSO, Londen, p. 66-67 en 71-74.

Ridal, J. e.a. (2010) *Risk assessment of structural impacts on buildings of solar hot water collectors and photovoltaic tiles and panels,* Scottish Government, Directorate for the Built Environment, Livingston. http://www.scotland.gov.uk/Resource/Doc/217736/ 0097116.pdf

Sadgrove, R. en Pester, S. (2014) *Installation of photovoltaic panels on existing flat roofs: some lessons learned,* BRE information paper, nr. 8/14, BRE National Solar Centre, Building Research Establishment, Garston.

Sinapis, K. en Donker, M. van den (2012) *BIPV report 2013. State of the art in building integrated photovoltaics,* Solar Energy Application Centre, Eindhoven. http://www. seac.cc/fileadmin/seac/user/doc/SEAC_BIPV_Report_2013.pdf

Stapleton, G. en Neill, S. (2012) *Grid-connected solar electric systems,* Earthscan expert series, Earthscan, Londen en New York.

Thorne, A. (2011) *Solar thermal systems: key factors for successful installations,* BRE information paper, nr. 11/11, Building Research Establishment, Garston.

Warm, P. en Oxley, R. (2002) *Guide to building services for historic buildings: sustainable services for traditional buildings,* Chartered Institution of Building Services Engineers en Carbon Trust, Londen, p. 21-22.

Winter, N. (2011) *Developing sustainability guidelines for historic districts,* National Trust for Historic Preservation, Washington, p. 11-12.

Zegers, F. (2013) *Inventarisatie zonthermische systemen,* E4S Consult en Stichting Zonne-energie Wageningen, Wageningen. http://www.zonne-energie-wageningen. nl/wp-content/uploads/2013/07/Rapport-inventarisatie-zonthermisch_mei-2013.pdf

Overige uitgaven van het Rijk

Agentschap NL [Rijksdienst voor Ondernemend Nederland] (2010) *Leidraad zonnestroomprojecten.* http://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/Leidraad%20Zonnestroomprojecten.pdf

Agentschap NL [Rijksdienst voor Ondernemend Nederland] (2011) *Gebouwintegratie zonnestroomsystemen.* http://www.rvo.nl/ sites/default/files/bijlagen/gebouw integratie%20zonnestroomsystemen.pdf

Agentschap NL [Rijksdienst voor Ondernemend Nederland] (2012) *Zonthermische daken.* http://www.rvo.nl/sites/default/files/Brochure%20zonthermische%20 daken_0.pdf

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (2012) *Zonnecollectoren en zonnepanelen: wanneer vergunningvrij, wanneer omgevingsvergunning nodig?* http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/brochures/2010/07/20/zonnecollectoren-en-zonnepanelen.html

Rijksdienst voor de Monumentenzorg [Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed] (2001) *Duurzame monumentenzorg.* Gids techniek, nr. 27. http://cultureelerfgoed.nl/sites/default/files/u4/rdmz_info_rb_27-2001.pdf

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (2011) *Monumenten en beschermde gezichten: vergunningvrije werkzaamheden.* http://www.cultureelerfgoed.nl/sites/default/files/ u4/D12-006%20Vergunningvrij%20DEF.pdf

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (2011) *Vergunningvrij: informatie voor professionals,* http://www.cultureelerfgoed.nl/sites/default/files/publications/gids-wetten-en-regelingen-vergunningvrij-informatie-voor-professionals.pdf

Verklarende woordenlijst

In deze lijst vindt u de toelichting op een aantal technische, bouwkundige en cultuurhistorische termen uit deze gids. Zijn termen gecursiveerd, dan staan ze ook in deze verklarende woordenlijst.

Archeologische monumentenvergunning
Vergunning voor het wijzigen of verstoren van archeologische monumenten die door het Rijk zijn aangewezen. Bij archeologische monumenten die door de gemeente of provincie zijn aangewezen, is een gewone *omgevingsvergunning* nodig.

Beschermd stads- of dorpsgezicht
Een groep van gebouwen – soms ook het landelijke gebied eromheen – met een karakteristieke, ruimtelijke kwaliteit die het Rijk of de gemeente beschermt om zijn bijzondere cultuurhistorische waarden.

BIPV
Building integrated photovoltaics
zie: stroomproducerende bouwmaterialen

Boilervat
zie: watervoorraadvat

Building integrated photovoltaics (BIPV)
zie: stroomproducerende bouwmaterialen

Circulatiepomp
Pomp die de door de zon opgewarmde vloeistof uit de *zonnecollector* transporteert naar het *watervoorraadvat* en van daaruit weer terug naar de zonnecollector.

Coöperatieve zonnestroom
Stroom die een aantal particulieren gezamenlijk opwekt met zonnepanelen die staan op het dak of erf van iemand anders. De opgewekte stroom wordt bijgeschreven op de eigen energierekening van de particulieren die deelnemen in de coöperatie. Daaronder vallen ook verenigingen van eigenaren.

Compacte zonneboiler
zie: compacte zonnecollector

Compacte zonnecollector
Zonnecollector waarbij het *watervoorraadvat* niet los staat in het gebouw, maar op het dak zit in de collector zelf. Door de integratie van het watervoorraadvat in de zonnecollector, is deze hoger en zwaarder dan een gewone zonnecollector.

Cultuurhistorische waarde
De bijzondere waarde of betekenis van een gebouw of ander object binnen de kunst en geschiedenis. Daarnaast spelen ook gaafheid en zeldzaamheid van een gebouw of object een rol. De cultuurhistorische waarde speelt een belangrijke rol bij het aanwijzen van een gebouw als monument en daarna bij plannen om het te wijzigen.

Dakvlak
Het schuine deel van een dak.

Dakvoet
De onderste lijn van een schuin dak, waar het *dakvlak* uitkomt op de buitenmuur.

Erf
Het hele perceel bij een gebouw. Bij ruime percelen, vaak buiten de bebouwde kom, kunnen bepaalde delen van het erf ver van het gebouw af liggen.

Flieringbalk
Horizontaal lopende balk over de volle lengte aan de binnenkant van een kapconstructie, ongeveer halverwege de *dakvoet* en de nok.

Gebouwgeïntegreerde zonnestroomsystemen
zie: stroomproducerende bouwmaterialen

Geleding
Op elkaar volgende delen van een gevel, die door inspringing of uitvoering van elkaar verschillen.

Inbouwsysteem
Wijze van plaatsing waarbij collectoren en panelen worden ingebouwd ín het dak, dus verdiept tussen de dakpannen. Het tegenovergestelde is een *opbouwsysteem*.

Kil- en hoekkeper
De schuine lijn onder een hoek die loopt tussen twee *dakvlakken*. Bij een hoekkeper maakt deze lijn een uitwendige hoek, bij een kilkeper een inwendige hoek. Zou deze lijn niet schuin lopen maar horizontaal, dan spreken we van de nok.

Mansardedak
Dakvlak met een knik in het midden, waarbij de onderste dakhelft zeer steil staat en de bovenste dakhelft licht schuin. De bovenste dakhelft blijft hierdoor soms uit het zicht. Ook wel gebroken kap genoemd.

Monument
Een historisch gebouw, object of terrein die het Rijk, de gemeente of de provincie beschermt om zijn bijzondere cultuurhistorische waarde of betekenis. Naast gebouwen worden bijvoorbeeld ook tuinen en parken beschermd.

Nokcollector
Zonnecollector in de vorm van een lange, halfronde cilinder met een transparante kap en aan de binnenkant twee in elkaar gemonteerde buizen. De binnenste buis bevat de watervoorraad terwijl de buitenste buis de zonnewarmte opneemt. Neemt de plaats in van de nok. Ook wel warmtenok genoemd.

Omgevingsvergunning
De vergunning die alle werkzaamheden regelt die te maken hebben met bouwen, ruimte, natuur en milieu, waaronder werkzaamheden bij *monumenten*. Voor werkzaamheden bij archeologische rijksmonumenten is een andere vergunning nodig.

Omvormer
Elektronisch apparaat dat gelijkstroom uit zonnepanelen omzet in wisselstroom waarop huishoudelijke apparaten werken.

Opbouwsysteem
Wijze van plaatsing waarbij collectoren en panelen als losse onderdelen over het bestaande dak heen geplaatst worden. Ze zitten dan op korte afstand boven de dakpannen. Het tegenovergestelde is een *inbouwsysteem*.

Opslagvat
zie: watervoorraadvat

Oriëntatie
De richting waarin *zonnepanelen* of *zonnecollectoren* staan opgesteld, bijvoorbeeld zuid of zuidwest.

PV-cel
zie: zonnecel

PV-folie
zie: stroomproducerende bouwmaterialen

PV-paneel
zie: zonnepaneel

PVT-collector
Combinatie van een *zonnepaneel* en een *zonnecollector* in één systeem. Het systeem produceert elektriciteit voor gebruik in huis en benut de warmte die daarbij vrijkomt voor het opwarmen van water.

Salderen
Het verrekenen van de zelfopgewekte stroom die de gebruiker teruglevert aan het elektriciteitsnet met de stroom die de gebruiker afneemt van dat net.

Sheddak
Serie parallel aan elkaar lopende daken met één schuin *dakvlak* en één zeer steil *dakvlak* waar glas inzit. De rij van daken naast elkaar lijkt hierdoor op de tanden in een zaag. Sheddaken zijn veel toegepast in fabriekshallen.

Stroomproducerende bouwmaterialen
Stroomopwekkende materialen die in de plaats komen van gewone bouwmaterialen in het dak, de dakopeningen of de glasgevel. Ook wel genoemd BIPV of building integrated PV.

Terugverdientijd
De periode die nodig is om de kosten voor het aanschaffen, plaatsen en onderhouden van een zonne-energie-installatie terug te verdienen met de jaarlijkse besparing op de elektriciteits- of gasrekening.

Vacuümbuiscollector
Zonnecollector in de vorm van een serie vacuüm gezogen glazen buizen. In iedere vacuumbuis loopt een kleinere buis met een verdampende en condenserende vloeistof die zijn warmte afgeeft aan het water in het *watervoorraadvat*.

Vlakkeplaatcollector
Zonnecollector in de vorm van een ondiepe bak met een lichtdoorlatende glazen afdekplaat. In de bak lopen buizen waardoor een vloeistof stroomt om zonnewarmte op te nemen en door te geven aan het water in het *watervoorraadvat*.

Vlakkeplaatvacuümcollector
Vlakkeplaatcollector waarbij de bak onder vacuüm staat voor een goede isolatie en betere prestaties. Het is ook mogelijk het vacuüm – in werkelijkheid lucht bij zeer lage druk – te vervangen door het gas krypton.

Warmtenok
zie: nokcollector

Watervoorraadvat
Watertank waarin koud kraanwater wordt opgewarmd met de warmte die *zonnecollectoren* op het dak of erf opvangen. Het watervoorraadvat is aan de buitenkant geïsoleerd tegen warmteverlies. Ook wel boilervat of opslagvat genoemd.

Zakgoot
Dakgoot die loopt tussen twee schuine dakvlakken in of tussen een schuin dakvlak en een hogere muur. Zakgoten blijven hierdoor grotendeels uit het zicht, in tegenstelling tot gewone dakgoten.

Zonneboilersysteem
Zonnewarmtesysteem specifiek gebruikt voor het verwarmen van kraan- en douchewater. Gebruikt men de warmte voor iets anders, dan is het geen zonneboilersysteem. Het systeem bestaat uit een combinatie van *zonnecollectoren* en een *watervoorraadvat*.

Zonnecel
Het kleinste onderdeel in een *zonnepaneel* of *stroomproducerend bouwmateriaal* dat de energie van zonlicht direct omzet in elektrische energie. Gemaakt van een halfgeleidermateriaal, meestal silicium.

Zonnecollector
Hoofdonderdeel van een *zonnewarmtesysteem* dat zonlicht opvangt en omzet in warmte. Heeft de vorm van een ondiepe bak met een glazen afdekplaat of van een frame met een rij glazen buizen. Ook andere vormen zijn mogelijk.

Zonnepaneel
Hoofdonderdeel van een *zonnestroomsysteem* dat zonlicht opvangt en omzet in elektriciteit. Heeft de vorm van een stijve plaat met talloze *zonnecellen,* afgedekt met een glasplaat.

Zonnestroom
Elektriciteit opgewekt met een *zonnestroomsysteem*.

Zonnestroomsysteem
Installatie die elektriciteit produceert uit zonlicht. De *zonnepanelen* vormen hiervan het belangrijkste onderdeel.

Zonnewarmtesysteem
Installatie die zonlicht opvangt voor het verwarmen van kraanwater, soms ook gebruikt voor de verwarming van het huis of voor andere doelen. De *zonnecollectoren* vormen hiervan het belangrijkste onderdeel.

Zonthermisch dak
Een in het dakpakket geïntegreerde *zonnecollector*, waarbij de warmte die het dak opvangt wordt doorgegeven aan een leidingenstelsel in of op het isolatiemateriaal van het dak.

Register

aarding 38
afpersen 34
alternatieven
  coöperatieve zonnestroom 41
  groene stroom 41
  houtgestookte cv-ketel 42
  houtgestookte cv-kachel 42
  HRe-ketel 41
  hybride warmtepomp 42
  kleine windturbine 43
  warmtepomp 42
antidiefstalvoorzieningen 34
archeologie 36, 43, 47
archeologische monumenten-
  vergunning 47

bevestiging 33-34
beschermd stads- en
  dorpsgezicht 19, 46-47
BIPV, *zie stroomproducerende*
  bouwmaterialen
bliksembeveiliging 38
building integrated PV, *zie*
  stroomproducerende bouwmaterialen

circulatiepomp 11, 35
cultuurhistorische waarde 19
coöperatieve zonnestroom 41
compacte zonnecollector 12
condensatie 19, 33

energiebesparende maatregelen 7-9

gevolgen van zonne-energiesystemen
  fysieke gevolgen 12, 17, 19, 20
  visuele gevolgen 11, 12, 15, 16, 17, 19
gewicht 30
groene stroom 41
grootte, zie systeemgrootte

hellingshoek 32
houtgestookte cv-ketel 42
HRe-ketel 41

indieningsvereisten 49
investeringskosten 45

kabels 34
kleur 15, 30
kleine windturbine 43
kosten, zie investeringskosten

leien dak 37
leidingen 35

levensduur
  zonnestroomsystemen 17
  zonnewarmtesystemen 11
locatiekeuze 25-26
loden dak 36

micro-omvormer 32

nachtelijke uitstraling 33
naverwarmer 13
nokcollector 12

omgevingsvergunning 46-48
omvormer 16, 35-36
onbruik 39
onderhoud (aan zonne-
  energiesystemen) 37-38
onderhoud (aan daken) 39
optimizer 32
oriëntatie 32
overspanningsbeveilging 38

plaatsingswijze 27-29
principes over plaatsing 20-21
PV-dakpannen, *zie stroomproducerende*
  bouwmaterialen
PV-folies, *zie stroomproducerende*
  bouwmaterialen
PV-glas, *zie stroomproducerende*
  bouwmaterialen
PV-leien, *zie stroomproducerende*
  bouwmaterialen
PVT-collector 13

reflectie 17, 30
rendement
  zonnecollectoren 11
  zonnepanelen 15
rieten dak 36-37

schaduwval 31-32
schoonmaken (van zonnepanelen) 37
stroomproducerende bouw-
materialen 16-17
subsidie 46
systeemgrootte 29-30
systeemkeuze 26-27

terugverdientijden 45

vacuümbuiscollector 11
veiligheid
  aarding 38
  brandwonden 38
  bliksembeveiliging 38
  overspanningsbeveilging 38
  schroeischade 38
vergunningen
  archeologische monumenten-
  vergunning 47-49
  indieningsvereisten 49
  omgevingsvergunning 46, 49
  vergunningvrije plaatsing 47
  vergunning bij vervanging 49
vervanging 39, 49
vlakkeplaatcollector 11
vogeluitwerpselen 37
vorstbeveiliging 12
vuil 37

warmtenok, *zie nokcollector*
warmtepomp 42-43
waterkerende, damp-open folie 33
watervoorraadvat 12

zonnecellen
  amorf silicium 15, 29
  monokristallijn silicium 15, 29
  polykristallijn silicium 15, 29
zonnecollectoren
  compacte zonnecollector 12
  vacuümbuiscollector 11
  vlakkeplaatcollector 12
  warmtenok 12
  zonthermisch dak 12
zonthermisch dak 12

Deze gids bevat weinig afbeeldingen. De Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed werkt aan een rijker geïllustreerde versie van deze uitgave. Eventuele aanvullingen en correcties kunt u raadplegen op onze website www.monumenten.nl/specials/duurzaam-erfgoed.

Hoewel deze gids met de grootst mogelijk zorg is samengesteld, kan de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele fouten. Ook kunt u geen rechten ontlenen aan deze tekst. Deze gids bevat een beknopte en vrije weergave van alle wet- en regelgeving. De vermelding van producten, diensten of websites houdt geen vorm van goedkeuring of aanbeveling in.

Uitgave: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
Tekst: Huub van de Ven
Afbeeldingen: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, behalve Martin Findlay (p. 35), Getty Images (p. 31), Oskomera (p. 44), Schott (p. 4) en Robert Williams (p. 22 en 28).
Taalcorrectie: Taalcentrum-VU
Begeleidingscommissie:
Ruben Abeling, Guido Bogers, Ben Kooij, Jacqueline Rosbergen, Marc Stappers, Michiel Verweij, Annemieke Vos en Aart de Vries
Met dank aan:
de auteur heeft dankbaar gebruik gemaakt van de reacties op het concept van deze gids door Martin van Bleek, Wilma Broer, Roger Crols (allen Gelders Genootschap), Alice Gut (gem. Utrecht), Mayke Haaksman (gem. Nijmegen), Harm Haitsma (Steunpunt Monumentenzorg Fryslân), Arno Harting (gem. Utrecht), Terry Heemskerk (UNETO-VNI), Suzanne Herben (gem. Leiden), Henk Jansen (gem. Utrecht), Bert Janson (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland), Joke Jongeling (gem. Weert), Geert Jan Jonkhout (Gelders Genootschap), Kim Kerckhoffs (gem. Nijmegen), Henry Kranenborg (gem. Zwolle), Astrid van der Laarse (gem. Amersfoort), Sandra van Lochem (Natuurmonumenten), Geert Medema (gem. Schiedam), Chris Meys (gem. Roermond), Ronald Pellemans (gem. Maastricht), Martijn Schootstra (Holland Solar), Hendrik-Jan Tolboom (RCE), Amelie Veenstra (Holland Solar), Jan Voorvelt (monumentencommissie Mergelland), Henk van der Werf (gem. Kampen) en Marc Zitzen (Milieu Centraal).

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

© Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed | Amersfoort | september 2014

Steeds meer bewoners, ondernemers en organisaties overwegen zonne-energie, ook bij monumenten en panden in beschermde stads- en dorpsgezichten. Wat is er mogelijk en waarop te letten? En wat zijn de alternatieven?

Deze gids is er voor iedereen die vakmatig werkt met historische gebouwen, ongeacht welke achtergrond en ervaring: erfgoed, milieu of energie. Speciaal voor particuliere eigenaren en voor vergunningverleners zijn er twee aparte brochures.

Met kennis en advies geeft de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed de toekomst een verleden.