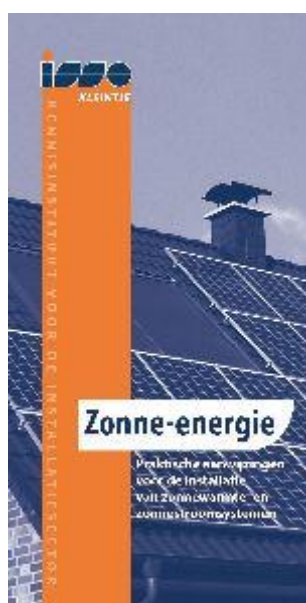


Kleintje

Zonne-energie

Praktische aanwijzingen voor de installatie van zonnewarmte- en zonnestroomsystemen



Maart 2013
ISBN: 978-90-5044-244-2
© ISSO

Voorwoord

Het 'ISSO-kleintje Zonne-energie' is gebaseerd op het 'ISSO-handboek Zonne-energie' en heeft vooral betrekking op de montage van zonne-energiesystemen.

Dit 'ISSO-kleintje' behandelt zowel de zonnewarmte- als de zonnestroominstallaties. Daarnaast zijn de bouwkundige aspecten die betrekking hebben op het kwalitatief goed monteren van zonne-energie-toepassingen verwerkt.

Zonnewarmte wordt behandeld in een toepassing als zonneboiler, zonneverwarming, zwembadverwarming, voor de verwarming van lucht, in combinatie met een warmtepomp en voor koeling.

Zonnestroom wordt met name voor netgekoppelde toepassingen behandeld.

Het bouwkundige (buitendakse) deel van het werk wordt duidelijk beschreven. In dit deel is veel aandacht voor het verticaal transport en veilig werken op hoogte.

Voor het ontwerpen van zonne-energie-installaties, inclusief de bouwkundige integratie, wordt verwezen naar het ['ISSO-handboek Zonne-energie'](#).

Begrippenlijst

AC-gedeelte

Het gedeelte van de PV-installatie vanaf de AC-klemmen van de omvormer tot en met de verbinding van de voedingskabel met de elektrische installatie.

Afgedekte collector

Combinatie van absorber(s), isolatiemateriaal, transparante afdekking, behuizing en aansluitingen voor leidingen, die als zodanig fabrieksmatig wordt geproduceerd. Ook de vacuümbuis- of heatpipecollector wordt als afgedekte collector beschouwd.

Afschot

Het onder afschot leggen van collectorleidingen is het monteren daarvan onder een zodanige helling dat de warmtetransportvloeistof bij het afschakelen van de collectorpomp onder invloed van de zwaartekracht naar het terugloopvat of -volume stroomt.

Afschot (bouwkundig)

Het afschot is de helling van de waterdichte laag en de onderconstructie in de richting van de hemelwaterafvoeren.

Ballastframe/ballastbak

Frame of bak om de zonnecollector of PV-module op een horizontaal vlak (plat dak) te bevestigen, waarbij de frameconstructie/bak los op het dak wordt geplaatst en een ballast (gewicht) de noodzakelijke stabiliteit garandeert.

Ballastlaag

Een ballastlaag bestaat uit één of meer lagen materialen, aangebracht op het dakbedekkingssysteem. Deze laag kan zowel dienen als ballast tegen opwaaien, als ook een bijkomende andere functie hebben zoals bescherming van de waterdichte laag tegen veroudering of esthetische en/of beloopbare afwerking.

Belasting

(Stelsel van) krachten, zoals eigen gewicht, wind, water of sneeuw, die werken op een bouwkundige constructie, bijv. het dak.

Beschermingsklasse/IP code

De beschermingsklasse op elektrische apparaten is een aanduiding voor de mate van beveiliging van de constructie van elektrische of elektronische apparatuur tegen eigen schade door gebruik in 'vijandige omgevingen' en tegen eventueel gevaar voor de gebruiker.

Bouwkundige constructie

Dragende constructie (als onderdeel van het bouwkundig skelet van een bouwwerk) waarlangs de optredende krachten doeltreffend naar de fundering worden afgeleid.

Collectorcircuit

Combinatie van leidingen, terugloopvat of terugloopvolume in het opslagvat, pomp(en) en mogelijke externe warmtewisselaar tussen zonnecollector en opslagvat.

Compacte zonneboiler

Zonneboiler waarbij de collector en het opslagvat aan elkaar grenzen en één constructief geheel vormen. De Integral Collector Storage (ICS-) systemen zijn daar een voorbeeld van.

Dakbedekkingsconstructie

Een dakbedekkingsconstructie bestaat uit alle materiaallagen boven de onderconstructie en is samengesteld uit (meestal) een dampremmende laag of sluitlaag, een thermisch isolatiemateriaal en een dakbedekkingssysteem (waterkerend of gesloten) en een eventuele afwerking.

Dampremmende laag

Een dampremmende laag wordt toegepast in een dakbedekkingsconstructie onder de thermische isolatie en heeft tot doel het transport van waterdamp naar de bovenliggende thermische isolatie en het dakbedekkingssysteem te beperken.

DC-gedeelte

Het gedeelte van de installatie van de zonnecel tot de DC-klemmen van de omvormer.

Doorstroomtoestel

Warmwatertoestel zonder opslagfunctie dat het tapwater verwarmt voor direct gebruik.

Expansievat

Reservoir voor uitzetting van de warmtetransportvloeistof. Een expansievat wordt toegepast bij een volledig gevuld collectorcircuit.

Fotovoltaïsch

Datgene wat onder invloed van licht ('fotos' in het Grieks) een elektrische spanning en stroom opwekt.

Hellend dak

Een onder een helling ($\leq 70^\circ$) geplaatste uitwendige scheidingsconstructie bestaande uit een onderconstructie en alle zich daarop bevindende lagen inclusief het van een harde, schubvormige, permeabele dakbedekking voorziene oppervlak dat is blootgesteld aan de weerslementen; ook de aansluitingen en overige details worden tot het dak gerekend.

Helling of hellingshoek

De hoek die de zonnecollector of PV-module heeft ten opzichte van het horizontale vlak.

Inverter (omvormer)

Energieomzetter die de elektrische gelijkspanning en -stroom van de generator omzet in éénfase of meerfase wisselspanning en -stroom. In dit 'ISSO-kleintje': omvormer.

Koudebrug

Een koudebrug (beter: thermische brug) is dat gedeelte van een constructie dat een belangrijk lagere warmteweerstand heeft dan het grootste deel van die constructie.

Laminaat (PV-laminaat)

Zonnepaneel zonder frame.

Maximum Power Point (MPP)

Combinatie van stroom en spanning van een module die tot het hoogst bereikbare vermogen van een zonnestroomsysteem leidt, gegeven een bepaalde instraling en temperatuur.

Module

Het kleinste gebruiksklare samenstel van verschillende zonnecellen voor directe omzetting van energie van (zon)licht in elektrische energie.

Naverwarmen bij zonneboiler

Het op gebruikstemperatuur (ca. 65 °C) brengen van door de zon voorverwarmd water.

Netkoppeling

Een zonnestroomsysteem dat aan het openbare elektriciteitsnet is gekoppeld.

Omvormer

Zie inverter.

Onafgedekte collector

Bij de onafgedekte collector ontbreekt de afdekking en vaak ook de behuizing en zij-isolatie. Soms is wel isolatie aan de achterkant aanwezig.

Onderconstructie

De onderconstructie is het deel van het dak dat als functie heeft om als constructief element, conform de betreffende Nederlandse norm (NEN-EN-1900 serie), zowel permanente als veranderlijke belastingen over te dragen naar de rest van de gebouwenconstructie.

Opslagvat

Watertank die aan de buitenzijde is geïsoleerd tegen warmteverlies.

Oriëntatie

Hoek ten opzichte van het zuiden waaronder de collector is opgesteld.

Overdrukventiel

Appendage die bij overschrijding van de ingestelde druk in de installatie vloeistof of lucht laat ontsnappen; ook wel ontlastklep genoemd.

Oververhittingsbeveiliging

Voorziening om te voorkomen dat ongewenst hoge temperaturen optreden in het opslagvat.

Panlat

Een op een schuin dak horizontaal aangebrachte houten lat waarop, van nokken voorziene, dakpannen worden gelegd.

PE-folie

Een polyetheenfolie bedoeld voor toepassing in dakbedekkingsconstructies als dampremmende- of sluitlaag.

Permanente belasting/blijvende belasting

Belasting die naar alle waarschijnlijkheid werkzaam is gedurende een gegeven referentieperiode en waarvan de variatie in grootte in de tijd verwaarloosbaar is, of waarvoor de variatie altijd één kant op gaat (gelijkmatic) totdat de belasting een zekere grenswaarde bereikt.

PV

Afkorting van het Engelse woord photovoltaic(s). Aanduiding voor fotovoltaïsche technologie, ook wel afkorting voor zonnestroomsysteem. Ook: PV-cellen, PV-paneel, PV-module, PV-systeem.

PV-module

Algemene benaming voor zonnepanelen en andere uitvoeringsvormen zoals flexibele dakbanen.

Sterkte

Mechanische eigenschap die de geschiktheid aangeeft van een materiaal om belastingen te weerstaan, meestal uitgedrukt in spanningseenheden.

String

Een serieschakeling van modules of een serieschakeling van gelijke groepen parallel geschakelde modules.

Stringkabel

Verbindingskabel tussen de modules in een string of de verbindingkabel tussen een string en een DC-koppelkast of de DC-klemmen van een omvormer.

Temperatuursensor

Onderdeel van een regeling dat op elektronische wijze de temperatuur meet van het oppervlak waarmee het in contact staat.

Tengels

Dwars op het dakbeschoot aangebrachte latten waar de panlatten op zijn bevestigd. In het geval van montage in een schuin dak moet de zonnecollector op de tengels worden bevestigd. Ventilatie tussen collector en dakbeschoot is zo gegarandeerd.

Terugloopsysteem

Zonneboilersysteem waarbij, als de pomp uitschakelt, de warmtetransportvloeistof uit de collector terugstroomt naar een terugloopvat of -volume.

Terugslagklep

Appendage die vloeistofstroming in een leiding slechts in één richting toestaat.

Uitwendige scheidingsconstructie

Constructie die de scheiding vormt tussen een voor personen toegankelijke besloten ruimte van een gebouw en de buitenlucht, de grond of het water, waaronder begrepen de op die constructie aansluitende delen van andere constructies.

Vacuümbuiscollector

Langwerpige vlakkeplaatabsorber gemonteerd in een luchtgeëvacueerde glazen buis; ook wel heatpipecollector genoemd.

Vlakkeplaatcollector

Zonnecollector waarvan de oppervlakte voor instraling ongeveer even groot is als de absorberoppervlakte.

Voorraadtoestel

Warmwatertoestel dat water verwarmt en dit uit voorraad levert.

Voorverwarmer/zonneboiler

Zonneboilersysteem zonder enige vorm van bijverwarming om koudtapwater voor te verwarmen vóórdat het naar een ander warmwatertoestel (indien aanwezig) wordt geleid; ook wel tapwatervoorverwarmer genoemd.

Vorstbeschermingsmiddel

Middel dat wordt toegevoegd aan water waardoor het vriespunt wordt verlaagd, of een andere vloeistof met een laag vriespunt.

Warmtegeleidingscoëfficiënt

De warmtegeleidingscoëfficiënt van een bepaalde stof is de warmtestroomdichtheid (W/m^2), die in een laag van 1 m ontstaat bij 1 K temperatuursverschil aan weerszijden van die laag, in eenheden uitgedrukt [$W/(m \cdot K)$].

Warmteopslagvat

Zie opslagvat.

Waterdicht, dampopen membraan (WDO-membraan)

Waterwerend membraan dat waterdicht en dampopen is (WDO-membraan) voor toepassing in hellende daken en/of in gevels. Een materiaal wordt als WDO-membraan gekenmerkt indien de waterwerendheidsklasse = W1 en de diffusieweerstand $s_d < 0,2$ m.

Zonneboiler(systeem)

Combinatie van zonnecollector en warmteopslag. Door de collector wordt zonne-energie ingevangen en in de vorm van warmte voor een aantal uren of dagen opgeslagen in één of meerdere opslagvaten. Een collectorcircuit zorgt voor overdracht van warmte van collector naar opslagvat.

Zonnecel

Het kleinste element van halfgeleidermateriaal dat de energie van (zon)licht direct omzet in elektrische energie (DC).

Zonnecollector

Deel van het zonneboilersysteem dat tot doel heeft zoveel mogelijk van het opvallende zonlicht om te zetten in warmte om dit vervolgens af te geven aan een warmtetransportvloeistof.

Zonnepaneel

Star element (basiseenheid) bestaande uit seriegeschakelde zonnecellen tussen glazen of kunststofplaten al dan niet bevestigd in een metalen of kunststof frame. Ook PV-paneel.

Zonnestroomsysteem

Het totaal van PV-modules, omvormer(s), bekabeling etc. dat stroom levert. Meestal gebruikt in relatie tot netkoppeling.

Leeswijzer

Dit 'ISSO-kleintje Zonne-energie' behandelt vanuit de praktijk de installatie van zonnewarmte- en zonnestroomsystemen. Ontwerp en voortraject worden niet behandeld in dit 'ISSO-kleintje', daarvoor wordt verwezen naar het 'ISSO-handboek Zonne-energie'.

Zonnewarmtesystemen worden ook aangeduid als zonthermische (ZT) systemen, of zonneboilers en -collectoren.

Zonnestroomsystemen worden ook aangeduid als Photo-Voltaïsche (PV) systemen, of zonnepanelen.

Indeling

Van ieder systeem worden de verschillende uitvoeringen behandeld en wordt achtergrondinformatie gegeven, waarna de hoofdstukken verder zijn gesplitst in vier blokken:

1. Algemeen;
2. Bouwkundig/dakzijdig;
3. Zonnewarmtesysteem;
4. Zonnestroomsysteem.

Deze blokken zijn ook los van elkaar te gebruiken en vaak hebben gebruikers van dit 'ISSO-kleintje' ook maar enkele blokken nodig.

1 Soorten zonnewarmtesystemen en toepassingen

Een zonnewarmtesysteem zet zonlicht om in warmte.

Meestal wordt uiteindelijk water warm gemaakt. Een zonneboiler is dus zeer goed toe te passen indien een gebruiker (veel) warm water gebruikt.

Toepassingen:

1. Productie van warmtapwater;
2. Ondersteuning van verwarming;
3. Overige toepassingen.

1.1 Productie van warmtapwater

Deze toepassing komt verreweg het meeste voor. De reden is dat warmtapwater gedurende het hele jaar verbruikt wordt. In de zomer kan dan tot 100% van het warmtapwater met de zon verwarmd worden, terwijl in voorjaar, najaar en winter het tapwater zoveel mogelijk wordt voorverwarmd. Een naverwarmer is altijd nodig om warmtapwater bij te verwarmen als de watertemperatuur niet hoog genoeg is. Behalve bij woningen worden zonneboilers ook toegepast bij zorginstellingen, zwembaden, kazernes, hotels, etc.

Een besparingsfractie van 35 - 60% is optimaal. Bij een kleinere bijdrage (en collectoroppervlakte) is de energiebesparing gering en zijn de vaste kosten relatief hoog.

Voor een grotere zonnibijdrage is een steeds groter collectoroppervlakte nodig: de warmteopbrengst per extra m² wordt steeds lager en de investering loont steeds minder.

De optimale grootte van een systeem is dus zeer afhankelijk van het warmwaterverbruik. Voor een standaard gezinswoning is de collector tussen de 2,5 en 6 m², met een opslagvat van 80 tot 300 liter.

1.2 Ondersteuning en verwarming

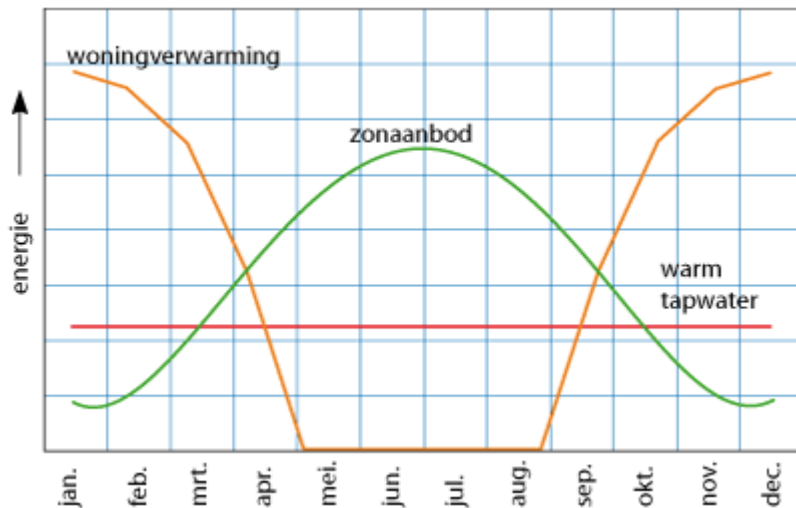
Deze toepassing neemt de laatste tijd toe doordat er vaker laagtemperatuurverwarmingssystemen worden toegepast. Het ondersteunen van een hoogtemperatuurverwarming (> 60 °C) heeft geen enkele zin met een zonneboiler: in de periodes dat een zonneboiler > 60 °C produceert, is er geen verwarmingsvraag. Laagtemperatuurverwarming, vaak vloerverwarming, wandverwarming of luchtverwarming, werkt met een temperatuur van 25 - 45 °C. Aan de retour van de verwarming (20 - 40 °C) kan een zonneboiler, ook in het voorjaar, najaar en zelfs in de winter, nog wel warmte toevoegen. Vaak verwarmen dit soort zonneboilers ook nog tapwater. Deze zonneboilers zijn fors groter: voor een woning 8 tot 25 m² collector, met een opslagvat van 300 tot 2.000 liter.

1.3 Overige toepassingen

Waar warmte/warm water nodig is kan een zonneboiler meestal goed toegepast worden.

Behalve voor warmtapwater en verwarming, worden zonneboilers ook toegepast voor:

- Bijverwarmen van bronnen (warmtepompen);
- Verwarmen grote hoeveelheden water in de veeteeltsector, vooral kalverfokkerijen;
- Zwembadverwarming;
- Warm water voor wasserettes, autowasstraten, schoonmaakwater industrie.



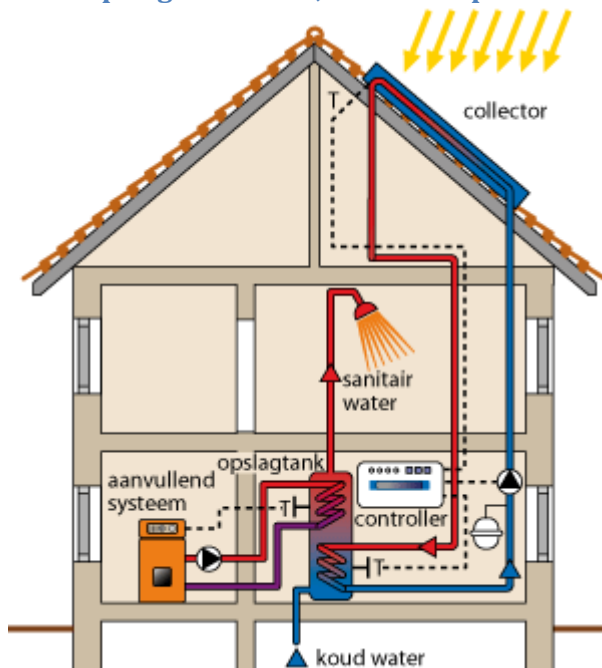
Afb. 1.1 Warmteaanbod en warmtevraag

1.4 Soorten zonnewarmtesystemen

Zonnewarmtesystemen onderscheiden zich in twee verschillende systemen:

1. Opslagvat binnen, collector op het dak;
2. Opslagvat en collector op het dak.

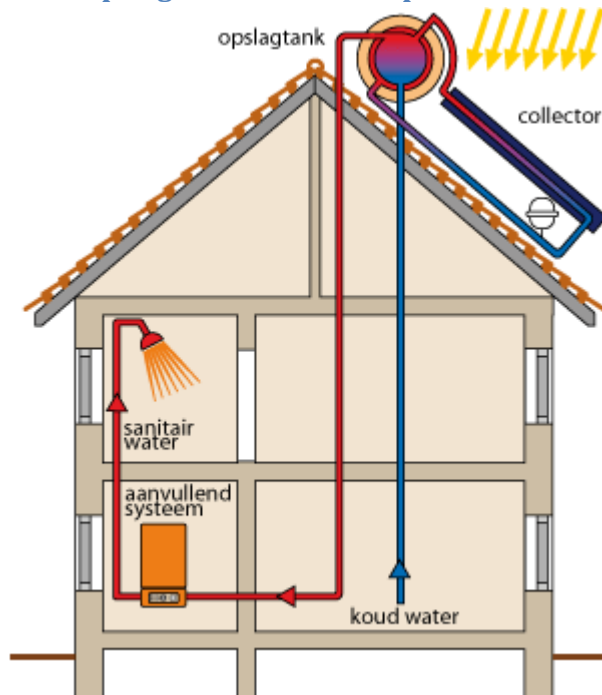
1.4.1 Opslagvat binnen, collector op het dak



Afb. 1.2 Opslagvat binnen

Verreweg de meest toegepaste zonnewarmtesystemen in Nederland hebben binnen een opslagvat (de zonneboiler) en een collector op het dak. Daartussen liggen aanvoer- en retourleidingen, waardoor met een pomp een vloeistof wordt gepompt. De zonneboileropslagvaten zijn er in verschillende afmetingen, afgestemd op het warmwater/warmteverbruik en de collectoroppervlakte. Via een warmtewisselaar (meestal een spiraal in het vat) wordt de warmte van de vloeistof uit de collectoren overgedragen aan het tapwater. Soms wordt systeemwater uit het collectorleidingcircuit in het vat opgeslagen en wordt tapwater via een warmtewisselaar (interne spiraal of extern) met dit systeemwater verwarmd.

1.4.2 Opslagvat en collector op het dak



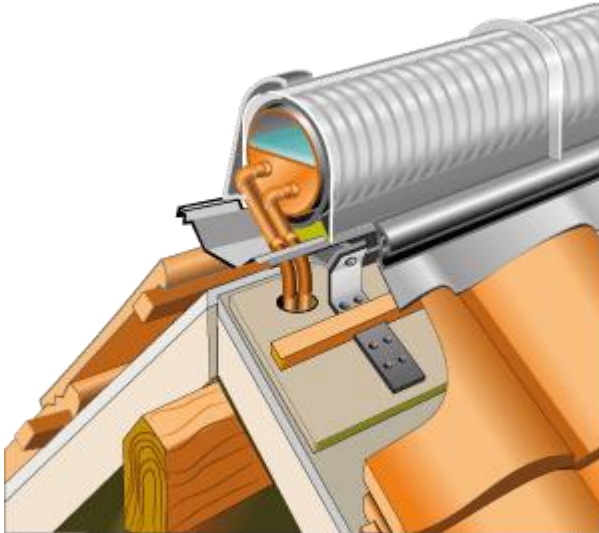
Afb. 1.3 Opslagvat buiten

Dit type wordt voornamelijk in Zuid-Europese landen gebruikt. Het zijn eenvoudige en goedkope systemen, maar doordat het opslagvat op het dak ligt is het warmteverlies fors hoger in landen waar het regelmatig vriest.

Varianten van dit type in Nederland, met de collector en de opslag geïntegreerd, zijn de Solior voor plaatsing op een plat dak en de Eko-Nok in de nok van een dak.



Afb. 1.4 Solior zonneboiler



Afb. 1.5 Eko-Nok zonneboiler

1.5 Soorten collectoren

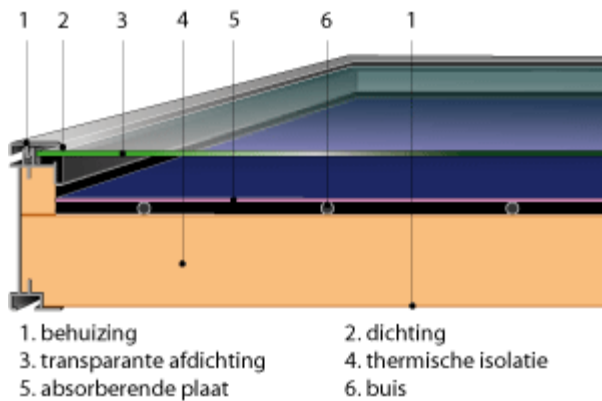
Soorten collectoren:

1. Vlakkeplaatcollectoren;
2. Vacuümbuizen en heatpipes;
3. Onafgedekte collectoren.

1.5.1 Vlakkeplaatcollectoren



Afb. 1.6 Een voorbeeld van zonnewarmte in de nieuwbouw (bron: AgentschapNL)



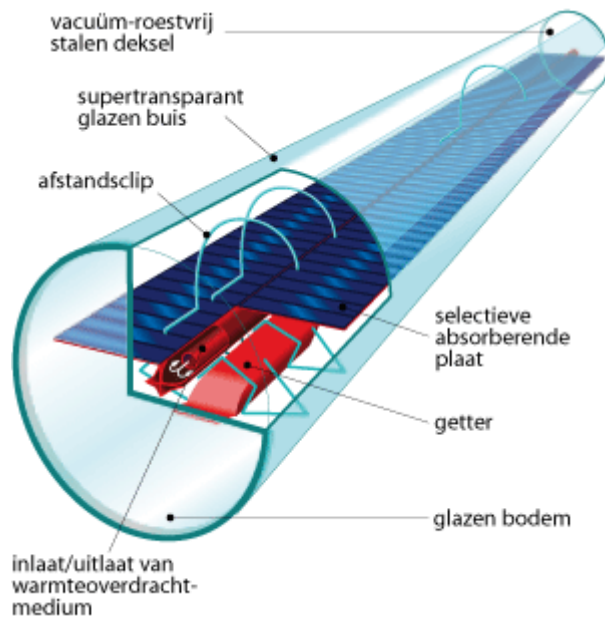
Afb. 1.7 Vlakkeplaatcollector

De vlakkeplaatcollector is de meest toegepaste collector in Europa. Hij bestaat uit een zwarte plaat (de absorber), met daarachter leidingen waar water of een glycoloplossing door stroomt. De absorber is meestal van een speciaal materiaal gemaakt dat zeer efficiënt, zonlicht omzet in warmte. Om de warmte goed vast te houden is de collector goed geïsoleerd en is voor de absorber een glasplaat gemonteerd. Dit type collector kan temperaturen tot 200 °C bereiken.

1.5.2 Vacuümbuizen en heatpipes



Afb. 1.8 Vacuümbuizen



Afb. 1.9 Vacuümbuis

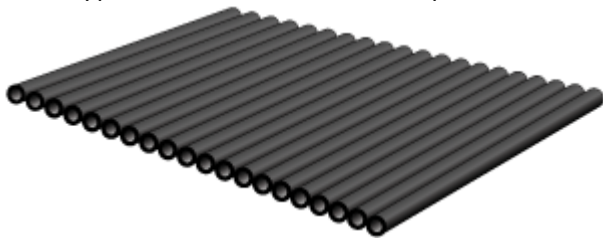
Vacuümbuizen en heatpipes (dit zijn verschillende principes, maar deze worden hier niet verder behandeld) bevatten ook een strookabsorber met leidingen erachter. De absorber is in een glazen buis geplaatst, met daar omheen nog een glazen buis. De ruimte tussen de buizen is vacuüm, zodat de warmte nog beter wordt vastgehouden. De mate van vacuüm is bepalend voor een goede onderbreking van het warmtetransportmechanisme, de convectie en de thermische geleiding. Dit type collector kan temperaturen tot 250 °C bereiken. Vooral de methode en kwaliteit van de buisleidingenafdichting is bepalend voor de levensduur en de opbrengst gedurende de levensduur.

1.5.3 Onafgedekte collectoren

Onafgedekte collectoren bestaan alleen uit een zwarte absorber. Voor deze absorber is geen glasplaat aangebracht, waardoor deze collector minder hoge temperaturen bereikt. Bij zwembaden worden collectoren gebruikt in de vorm van holle HDPE-platen/slangen, waar het zwembadwater direct doorheen stroomt.

Op platte daken worden slangen onder zwarte dakbedekking aangebracht met isolatie. De slangen zijn gevuld met een glycoloplossing.

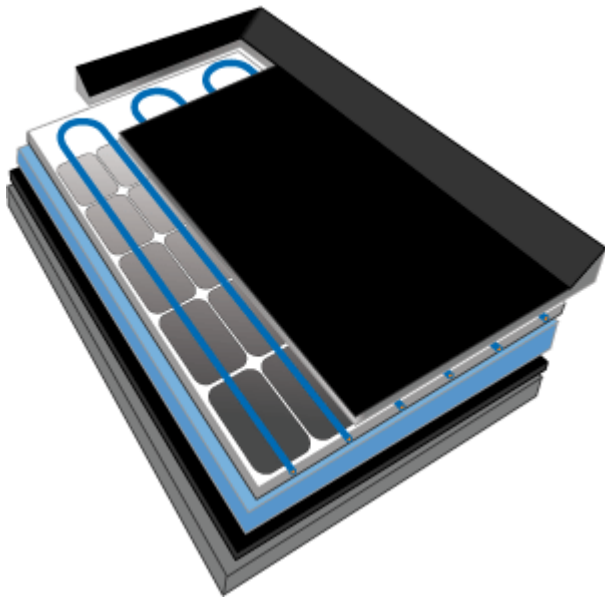
Deze types collectoren kunnen temperaturen tot 60 °C bereiken.



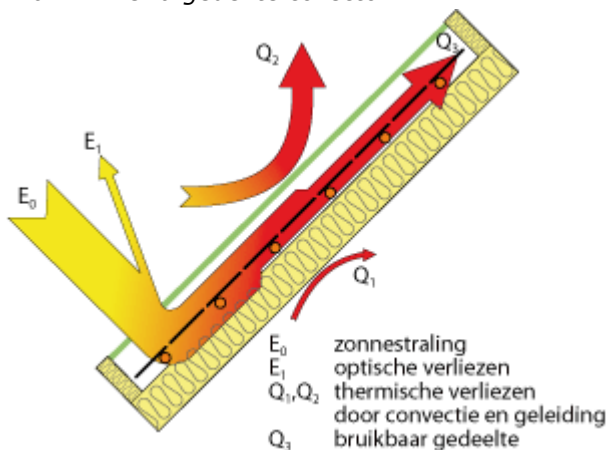
Afb. 1.10 Onafgedekte collector



Afb. 1.11 Onafgedekte collector



Afb. 1.12 Onafgedekte collector



Afb. 1.13 Warmteopbrengst collector

De warmteopbrengst van een collector hangt af van drie factoren:

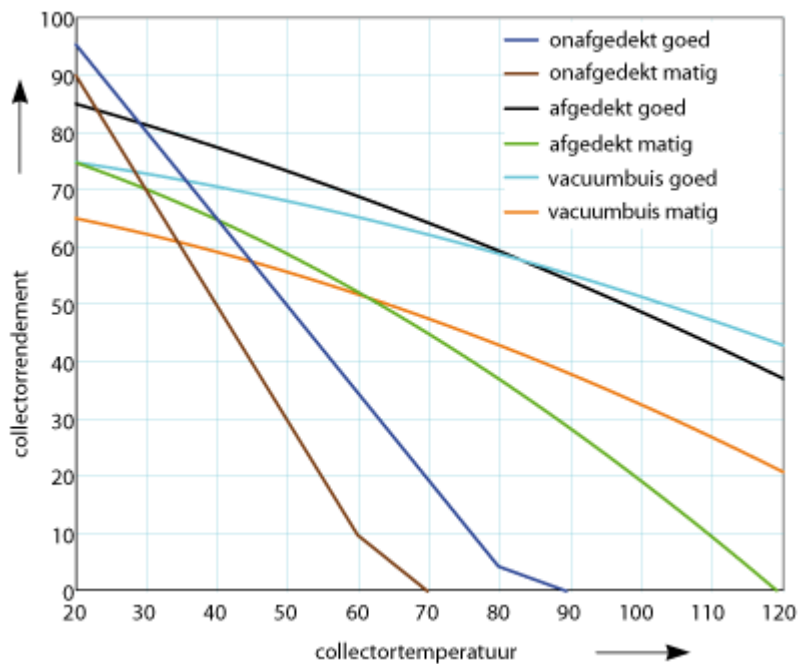
1. Hoeveelheid zoninstraling: bij meer zoninstraling (W/m^2) levert de collector meer warmte;
2. Collectoruitvoering (ontwerp, materiaalgebruik, dikte isolatie);
3. Temperatuurverschil: collectortemperatuur versus buitentemperatuur.

Bij een klein temperatuurverschil (circa $10\text{ }^\circ\text{C}$, collectortemperatuur $25\text{ }^\circ\text{C}$), is het rendement van de onafgedekte collector het hoogst. Wordt het verschil groter (collectortemperatuur hoger, omgevingstemperatuur lager) dan daalt het rendement van de onafgedekte collector snel. Deze wordt dan ook vooral toegepast voor zwembadverwarming.

Bij een temperatuurverschil tussen de $10\text{ }^\circ\text{C}$ en $40\text{ }^\circ\text{C}$ is het rendement van een vlakkeplaatcollector het hoogst.

Bij een groter temperatuurverschil (collectortemperatuur $65 - 70\text{ }^\circ\text{C}$) is het rendement van de vacuümbuiscollector hoger dan dat van de andere types.

Het netto absorberoppervlak van een vacuümbuiscollector is per m^2 collector wel kleiner dan bij een vlakkeplaatcollector.



Afb. 1.14 Collectorrendement versus collectortemperatuur

1.6 Collectorcircuit

Om te zorgen dat de vloeistof die door de collectoren stroomt niet bevriest, zijn er tweewerkingsprincipes:

1. Glycol, drukgevuuld;
2. Water, terugloop.

1.6.1 Drukgevuuld

Bij drukgevuulde systemen is het collectorleidingcircuit geheel gevuld met een glycoloplossing (antivries).

Als de pomp draait, circuleert de glycol door de collectoren en geeft de warmte af aan het opslagvat. Indien de pomp niet draait staat de glycol stil in de leidingen. Aangezien de collectortemperatuur vaak boven de 100 °C komt, waarbij de glycoloplossing wil gaan koken, is het bij een drukgevuuld systeem nodig om een expansievat en extra appendages toe te passen. Ook moet de glycoloplossing regelmatig gecontroleerd worden en om de drie tot vijf jaar te worden vervangen.

1.6.2 Terugloop

Bij terugloopsystemen wordt het collectorleidingcircuit slechts voor een deel gevuld met water of een glycoloplossing. Als de pomp draait, circuleert de glycoloplossing of het water door de collectoren en geeft warmte af aan het opslagvat. Als de pomp niet draait loopt de glycoloplossing of het water terug uit de collectoren naar het laagste punt van het leidingcircuit, meestal het opslagvat of een apart terugloopvat. Bij deze systemen moeten de leidingen van het collectorcircuit onder voldoende afschot lopen zodat de collectoren goed kunnen leeglopen.

1.7 Plaatsing van het systeem

Systemen kunnen worden geplaatst op:

1. Hellende daken;
2. Platte daken;
3. Overig.

1.7.1 Hellende daken

Op hellende daken worden vacuümbuizen en onafgedekte collectoren altijd boven de dakbedekking bevestigd en vlakkeplaatcollectoren soms. Vlakkeplaatcollectoren worden op daken met dakpannen of leien ook vaak dakgeïntegreerd aangebracht.

1.7.2 Platte daken

Onafgedekte collectoren worden soms dakgeïntegreerd uitgevoerd op platte daken. Andere collectortypes worden met een frame op platte daken bevestigd, meestal onder een hoek om een hogere opbrengst te halen. Bevestiging van platdakframes gebeurt vaak met ballast (grind, betontegels). Eventueel kunnen frames ook aan het dak worden bevestigd of op poeren, een subframe, etc.

1.7.3 Overig

Collectoren kunnen in uitzonderlijke gevallen ook aan gevels worden bevestigd of in vrijeveldopstellingen.

2 Soorten zonnestroomsystemen en toepassingen

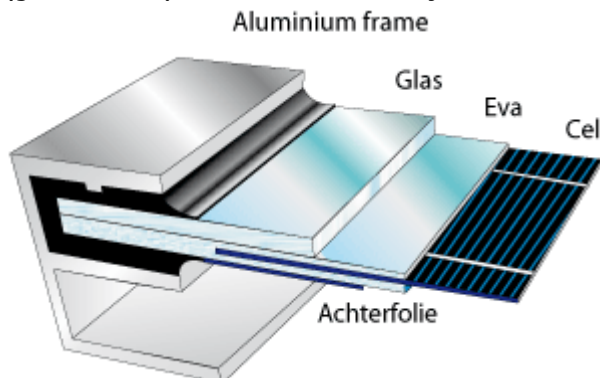
2.1 Zonnestroomsystemen

Er bestaan verschillende soorten zonnestroomsystemen:

1. Modules en laminaten;
2. Folie.

2.1.1 Modules en laminaten

PV-modules worden verreweg het meest toegepast. In een aluminium kader is een kunststof laminaat bevestigd met een glasplaat er voor. De PV-cellen zijn in het laminaat bevestigd (gelamineerd). Dit kunnen cellen zijn van mono-kristallijn, poly-kristallijn of amorf Silicium.



Afb. 2.1 Opbouw PV-module

2.1.2 Folie

Flexibele PV-cellen kunnen gemaakt worden van amorf Silicium (a-Si), Cadmium-Telluride (CdTe), Koper-Indium-Gallium-Selenide (CIGS), of andere materialen. De cellen worden als lange banen in een flexibele folie aangebracht, en worden dan meestal als dakbedekking verwerkt op grote platte daken of op de dakbedekking geplakt.



Afb. 2.2 Flexibele PV-cellen



Afb. 2.3 Flexibele PV-cellen

2.2 Toepassingsgebieden

Zonnestroomsystemen kunnen op twee verschillende manieren toegepast worden:

1. Elektriciteit gekoppeld aan het AC-netwerk, on-grid;
2. Elektriciteit met accu's, stand-alone, off-grid.

2.2.1 Aan het openbare elektriciteitsnetwerk, on-grid

De meeste PV-systemen worden via de huisinstallatie aan het openbare elektriciteitsnetwerk (AC) gekoppeld. Het zonnestroomstelsel kan dan het overschot stroom dat het produceert terugleveren aan het netwerk.

2.2.2 Off-grid

Opslag van de geproduceerde stroom moet (DC) in accu's gebeuren, eventueel een waterstofgenerator of iets dergelijks. Dit wordt vooral toegepast in afgelegen gebieden waar geen elektriciteitsnet aanwezig is.

2.3 Plaatsing van het systeem

Zonnestroomsystemen kunnen worden geplaatst op:

1. Hellende daken;
2. Platte daken;
3. Overig.

2.3.1 Hellende daken

Op hellende daken worden modules meestal op een frame bevestigd, met dakhaken aan de onderconstructie. Modules kunnen soms ook dakgeïntegreerd worden uitgevoerd.



Afb. 2.4 PV-systeem op hellend dak



Afb. 2.5 PV-systeem op hellend dak

2.3.2 Platte daken

Op platte daken worden modules op een frame geplaatst waardoor ze een opstellingshoek (10 - 30°) naar het zuiden krijgen. Dit zorgt er voor dat de modules niet snel vervuilen en dat de opbrengst hoger is door meer zoninstraling. Het frame moet met ballast worden verzwaard om ervoor te zorgen dat het bij hoge windbelasting blijft liggen. Eventueel kan het frame ook aan het dak worden bevestigd. PV-folie wordt op platte daken bevestigd als dakbedekking.



Afb. 2.6 PV-systeem op plat dak



Afb. 2.7 PV-systeem op plat dak

2.3.3 Overig

PV-modules kunnen met een frame ook aan gevels worden bevestigd, als zonwering worden toegepast of op de grond worden geplaatst.

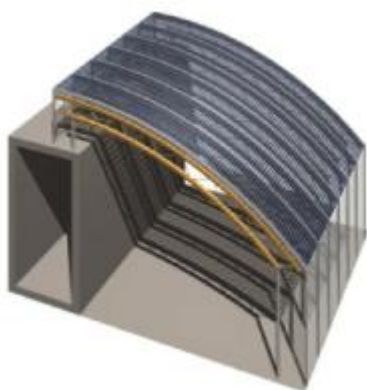


Afb. 2.8 PV-systeem op gevel

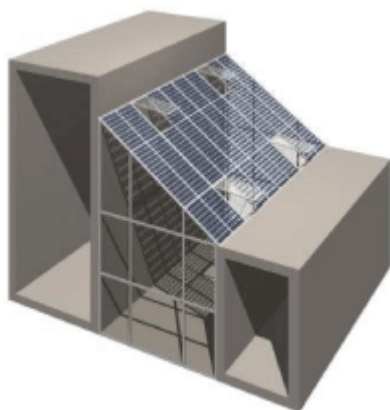


Afb. 2.9 PV-systeem op de grond

Daarnaast kunnen PV-cellen in glas of ander bouw materiaal worden aangebracht (Building Integrated PV, BIPV), en vormen dan een onderdeel van de gevel, beglazing, het dak, etc.



Afb. 2.10 Building Integrated PV



Afb. 2.11 Building Integrated PV

3 Start van het werk

Of het nu om een groot of klein project gaat, om een zonnewarmte- of zonnestroomsysteem of om een eenvoudige of complexe situatie, vooraf moet een aantal zaken op een rijtje gezet worden. In dit boek worden het ontwerp van het systeem en voortraject niet behandeld, deze zijn in een eerder stadium van het traject al uitgevoerd. Voor meer informatie over deze trajecten wordt verwezen naar het ['ISSO-handboek Zonne-energie'](#).

3.1 Werkomschrijving

De werkomschrijving geeft alle noodzakelijke informatie die nodig is voor de uitvoering van het project.

De volgende zaken staan hierin tenminste vermeld:

- Werkadres;
- Naam en telefoonnummer contactpersoon (klant/ opdrachtgever, hoofdaannemer, etc.);
- Omschrijving van de uit te voeren werkzaamheden, met werkvolgorde/werkplan;
- Te gebruiken onderdelen, materiaal en gereedschap;
- Manier van verticaal transport;
- Beschikbare/gecalculeerde tijd voor de werkzaamheden;
- Overige afspraken met klant (bijvoorbeeld werktijden, lawaai, opslag materiaal, speciale eisen);
- Te volgen procedure bij calamiteiten;
- Veiligheidsvoorzieningen;
- Oplevering en instructie aan de gebruiker.

Mogelijke bijlagen: dakopstellingstekening, aansluitschema leidingen/strings, ballastberekeningen/tekeningen, plattegrond met plaats zonneboiler of omvormer/leidingloop/aansluiting AC, offerte of opdrachtbevestiging, opleverchecklist.

3.2 Gereedschap en materiaal

Voor het monteren van de verschillende soorten systemen zijn verschillende gereedschappen en materialen nodig. In de handleidingen van de leveranciers staan meestal ook de benodigde gereedschappen vermeld. Een lijst met de meest voorkomende gereedschappen en materialen wordt hier genoemd.

Persoonlijke bescherming

Werkhandschoenen (rubber grip en rubber knokkels, zomer- en winteruitvoering), werkschoenen (isolerend voor elektro), gehoorbescherming, veiligheidsbril, stofmasker, regenvak, doorwerkjask, helm, veiligheidsharnas.

Algemeen

Rolmaat (min. 5 meter), potlood, krijt, waterpas, smetlijn, hoofdlamp, zaklamp, klauwhamer, moker, zaag, schroevendraaiers algemeen, trapje, accuboer- en schroefmachine met diverse bitjes, metaalborensset, steenborensset, inbussleutels, set schroeven, multimeter, vijlen metaal/kunststof, buigveren voor installatiebuis, trekveer.

Zonnewarmte op dak

Lange ladder, slijptol (pannen slijpen), kniptang metaal, gatenboor (t/m 80 - 125 mm), loodklopper.

Zonnestroom op dak

Lange ladder, slijptol (pannen slijpen), gatenboor (t/m 30 mm), specifieke DC-stekkertangen (afhankelijk van fabrikaat modules), multimeter (DC tot 1000 V, 10/20A DC, fused).

Zonnewarmte binnen

Hamerboormachine met steen- en betonborensset, pluggen, waterpomptang, metaalzaag, buigijzer, soldeerset, refractometer (glycol).

Zonnestroom binnen

Hamerboormachine met steen- en betonborensset, pluggen, Torx schroevendraaiers en bitjes, multimeter (DC tot 1.000 V, 10/20A DC, fused), spanningszoeker, kniptang, striptang, combinatietang, electroschroevendraaierset.

3.3 Administratie

Onder de administratie wordt verstaan alles wat nog nodig is tijdens en na de montage van een systeem, zoals dagrapporten, bestelbonnen/pakbonnen en een opleveringsstaat. Als deze formulieren correct ingevuld en bijgewerkt zijn, scheelt dat fouten, klachten en discussies met de klant. Ze zorgen er voor dat de juiste rekeningen gestuurd worden, dat het geplaatste systeem klopt en goed functioneert en dat de klant er tevreden over is.

De ingevulde dagrapporten, pakbonnen en opleverformulieren moeten door de projectleider verzameld worden.

Dagrapport (urenverantwoording)

Tijdens de montage moet een dagrapport bijgehouden worden. Behalve het vastleggen van het aantal uren per monteur, worden hierop de verwerkte materialen vermeld en overige bijzonderheden geregistreerd.

Bestelbonnen, pakbonnen en vrachtbrieven

Met de pakbonnen wordt gecontroleerd welke materialen afgeleverd zijn en of deze materialen en aantallen kloppen met de omschrijving op de werkomschrijving. Afwijkingen en beschadigingen moeten op de pakbon worden vermeld voordat deze wordt afgetekend. Bij grote afwijkingen moet worden overlegd met de projectleider of de levering wordt geaccepteerd.

Opleveringsstaat/in bedrijfstellingsformulier/opleverchecklist

De opdrachtgever wordt door de installateur op de hoogte gebracht van de werking van het systeem en de onderhoudswerkzaamheden die periodiek verricht moeten worden.

Samen met de opdrachtgever worden de punten op het opleverformulier doorlopen. Op dit opleverformulier staat aangegeven welke werkzaamheden zijn verricht. Vaak is het systeem ook in bedrijf gesteld, is een aantal systeemwaarden gemeten en genoteerd en is gecontroleerd op een juiste werking van het systeem.

De opdrachtgever loopt alle vermelde punten na, controleert deze en tekent voor akkoord. Indien er tekortkomingen zijn die direct kunnen worden verholpen, wordt het formulier daarna alsnog ondertekend. Indien er grotere tekortkomingen zijn, moet vastgelegd worden wat er nog moet gebeuren. Na het oplossen van eventuele tekortkomingen en de ondertekening is het systeem officieel overgedragen aan de opdrachtgever.

Bij grotere projecten zijn deelopleveringen of vooropleveringen mogelijk.

4 Veiligheid, werken op hoogte en verticaal transport

Bij de montage, zowel op het dak als binnen, moet ieder zich aan de wettelijk geldende veiligheidseisen houden. Deze moeten voldoende bekend zijn. Hier wordt een korte opsomming gegeven.

4.1 Voorwaarden valbeveiliging

Indien de valhoogte meer is dan 2,5 meter, moet volgens de voorschriften voor werken op hoogte uit het Arbobesluit beveiliging aangebracht/gebruikt worden. Ook bij lagere valhoogte moet dit gebeuren als er sprake is van risicoverhogende omstandigheden (vallen op obstakels/uitstekende delen, in water of bij aanwezigheid van verkeer).

Voor hellende daken geldt als valhoogte de nokhoogte, niet de goothoogte.

Bij platte daken hoeft geen beveiliging aangebracht te worden als er een dakrand/borstwering/permanent hekwerk aanwezig is met een hoogte van minimaal 100 cm.

Toekomstige Europese regelgeving eist minimaal 110 cm.

Dakrandbeveiliging bij platte daken is niet nodig als de werkzaamheden op meer dan 4 meter van de dakrand plaatsvinden en de werkzone en weg daar naartoe duidelijk gemarkeerd zijn. De markering moet voelbaar zijn afgezet (bijvoorbeeld lint) en minimaal 1 meter hoog zijn. Bij werkzaamheden dicht bij de dakrand dient de werkplek plus twee keer 4 meter aan weerszijden beveiligd te zijn. De werkplek omvat ook de opslag van materialen en looppaden als deze zich binnen 4 meter van de dakrand bevinden.

4.2 Soorten valbeveiliging

Als beveiliging heeft een leuning- of hekwerk de voorkeur. De belangrijkste eisen die hieraan worden gesteld zijn dat deze bestand zijn tegen een neerwaartse belasting van 1,25 kN ($\pm$ 125 kgf) en bij een horizontale belasting van 0,3 kN ($\pm$ 30 kgf) niet meer dan 35 mm doorbuigen. Een steiger die zich maximaal 1,5 meter onder de dakrand bevindt, mag ook als valbeveiliging dienst doen.

Indien het niet mogelijk is (of gevaarlijk) om leuning- of hekwerk aan te brengen, zijn er andere mogelijkheden:

Vangnetten

Minimale maasafstand 10 x 10 cm, standaard is 6 x 6 cm. Indien ook vallende voorwerpen opgevangen moeten kunnen worden en/of eronder werkende personen moeten worden beschermd, dan is een maaswijdte van 3 x 3 cm of kleiner nodig. Het net moet zo kort mogelijk onder het werkvlak aangebracht worden, maximaal 2,5 meter lager. De vrije hoogte onder het net moet minimaal 3,5 meter zijn.

Veiligheidsnetten moeten jaarlijks worden gekeurd.

Het toepassen van netten als randbeveiliging heeft niet de voorkeur.

Hangladders

Maximale hoogte 20 meter, maximale afstand 10 meter, maximaal 4 uur.

Werkbak

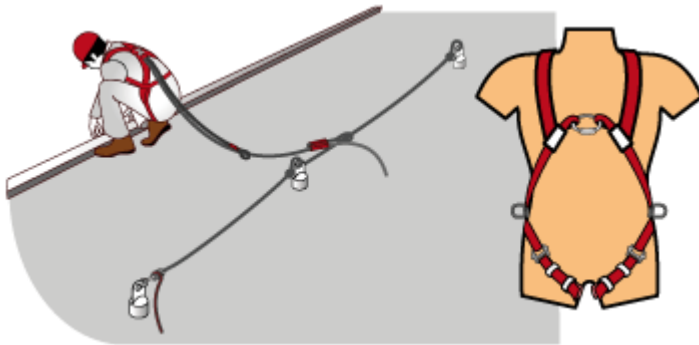
Voor personen in een hijskraan of vorkheftruck.

Niet-permanente hangsteiger

Indien het aanbrengen en verplaatsen op het dak beveiligd gebeurt (achter leuning- of hekwerk).

Systemen met veiligheidsgordels en -lijnen

Deze eventueel gebruiken in combinatie met lijnklemmen en/of een valstopapparaat.



Afb. 4.1 Valbeveiliging

Collectieve valbeveiligingen (dakrandbeveiliging) hebben de voorkeur boven persoonlijke valbeveiliging (veiligheidsgordels).

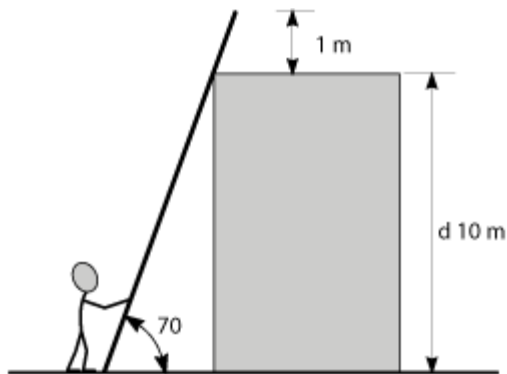
Persoonlijke valbeveiliging mag worden gebruikt in de volgende gevallen:

- Dakinspecties en dakopnames;
- Bij periodieke reiniging en onderhoud;
- Reparaties;
- Plaatsen van collectieve valbeveiligingen;
- Werkzaamheden op bergingen, garages, luifels, dakkapellen en andere aanbouwen/opbouwen, met een werkhoogte van maximaal 10 meter;
- Overige objecten mits het werkoppervlak maximaal 20 m² bedraagt, met een werkhoogte van maximaal 10 meter;
- Overige objecten met een werkhoogte hoger dan 10 meter, wanneer er geen collectieve valbeveiliging aanwezig is. In de Risico Inventarisatie & Evaluatie (RI&E) is onderbouwd dat hier met een persoonlijke beveiliging kan worden volstaan.

4.3 Ladders

Ladders mogen gebruikt worden tot een werkhoogte van 10 meter.

De ladder moet stabiel geplaatst worden zodat wegglijden, wegzakken, of omvallen niet mogelijk is. Het is het beste om aan de onderzijde een ladderstopper toe te passen en de ladder aan de bovenzijde vast te zetten. Plaatsen van de ladder onder een hoek van circa 70°. De ladder moet 1 meter boven de dakrand uit steken om af- en opstappen op een veilige manier mogelijk te maken. Indien mogelijk moet de ladder worden vastgezet. Aan weerszijden van de ladder behoort twee keer 4 meter dakrandbeveiliging geplaatst te worden.



Afb. 4.2 Ladderopstelling

Plaats een metalen ladder nooit in de buurt (binnen 2 meter) van open elektrische draden. Neem extra maatregelen wanneer de ladder voor een doorgang geplaatst moet worden: toegang afzetten of afsluiten.

Laat opgestelde ladders nooit onbeheerd achter; denk hierbij aan kinderen. Ladders moeten jaarlijks worden gekeurd.

4.4 Steigers

Steigers worden meestal door de hoofdaannemer geplaatst. Rolsteigers mogen buiten tot een hoogte van 8 meter gebruikt worden. Deze mogen nooit verplaatst worden terwijl er mensen op staan. Bij het verplaatsen goed opletten (ondergrond, obstakels).

4.5 Vluchtweg

Voor aanvang moet gecontroleerd worden of er een tweede vluchtweg aanwezig is. Dit mag via lagere aangrenzende daken indien het hoogteverschil kleiner is dan 3 meter, anders moet een extra ladder of iets dergelijks worden aangebracht. Een bouwlift of ladderlift mag niet als vluchtweg worden beschouwd.

4.6 Hijskranen en ladderliften

Hijskranen en machinist moeten aan een groot aantal bepalingen voldoen. Het kraanverhuurbedrijf is hiervoor verantwoordelijk. Door de afstand pikt de machinist de last meestal niet zelf aan en los. Bovendien heeft hij aanwijzingen van een seingever nodig om de vlucht- of hijsbeweging veilig te kunnen uitvoeren. Deze kunnen met moderne communicatiemiddelen worden doorgegeven, of met hand- en armsignalen. De seingever moet de hele hijsbeweging kunnen overzien, anders moeten meerdere seingeveren ingeschakeld worden. De seingever mag zijn aandacht uitsluitend richten op het geven van besturingsinstructies en de veiligheid van de werknemers in de nabijheid.

Bij hijswerkzaamheden moet altijd een veiligheidshelm worden gedragen.

Bij het opstellen en gebruik van een hijskraan moet altijd een veilige afstand tot bovengrondse elektriciteitskabels worden bewaard. Bij een tram of spoorlijn is dit minimaal 5 meter, bij elektriciteitsleidingen is dit afhankelijk van de spanning op de kabel. Raadpleeg in deze gevallen altijd de beheerder van de bovenleiding.

Ladderliften, ook wel bouwlift type 1 of pannenlift genoemd, moeten voorzien zijn van het CE-merk. Ladderliften zwaarder dan 750 kg moeten voorzien zijn van een eigen kentekenbewijs met bijbehorend kentekennummer. Jaarlijks moet de ladderlift worden gekeurd en moet een sticker als bewijs van goedkeuring op de ladderlift worden bevestigd.

De lift moet volgens de voorschriften van de fabrikant stabiel worden geplaatst, onder een juiste helling en bij grotere lengtes met voldoende ondersteuning. De steunpoten volledig uitdraaien. Op het dak moet aan weerszijden twee keer 4 meter dakrandbeveiliging aangebracht worden. Een ladderlift mag nooit als personenvervoer of ladder worden gebruikt.

4.7 Persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM)

Het dragen van persoonlijke beschermingsmiddelen wordt altijd gezien als een extra belasting. Vandaar dat altijd eerst gekeken moet worden of het gebruik van PBM's voorkomen kan worden.

Vervolgens moet de duur van het dragen worden beperkt en het comfort en de pasvorm moeten goed zijn.

- Werkhandschoenen: in de winter moeten gevoerde handschoenen gedragen worden als bescherming tegen de kou, vooral wanneer gewerkt wordt met metalen onderdelen. In de zomer dunne handschoenen dragen ter bescherming tegen de warmte van metalen onderdelen en donkere dakpannen. Ze dienen verder ter bescherming tegen verbranding door de zon. Dunne en flexibele handschoenen zijn ook handig voor het monteren van kleine onderdelen en bieden bescherming tegen het schuren van dakpannen en ballasttegels. Voor het vasthouden van gladde onderdelen kunnen het beste handschoenen met rubberen grip en knokkels gebruikt worden;
- Werkschoenen: let bij de werkschoenen op een zool die goed grip biedt bij het lopen over een glad oppervlak. Verder moeten ze elektrisch isolerend zijn bij het uitvoeren van elektrotechnische werkzaamheden;
- Kniebeschermers;
- Gehoorbescherming, stof/veiligheidsbril en stofmasker: te gebruiken bij slijpen van dakpannen en metalen onderdelen;
- Regenpak, doorwerkjas;
- Veiligheidshelm: het dragen van een veiligheidshelm is verplicht tijdens hijswerkzaamheden en wanneer zich boven het dakvlak andere daken bevinden waarbij er reëel gevaar bestaat op vallende voorwerpen;
- Valbeveiliging;
- Zonnebrandcrème, hoofddeksel, nekflap: bescherming tegen UV-straling en werken in de hitte.

4.8 Warmte

Metalen delen, dakpannen en dakbedekking kunnen in de volle zon zo warm worden dat ze bij aanraking ervan brandwonden veroorzaken. Bij thermische collectoren geldt dit voor de collector aansluitingen ook al bij zeer geringe zoninstraling!

Zonnewarmte

Voordat werkzaamheden aan een zonneboiler en/of de leidingen gedaan worden, moet de temperatuur van de vloeistof erin goed gecontroleerd worden. De circuitinhoud van een drukgevuul systeem kan tot 250 °C oplopen en onder hoge druk staan.

Het water in het collectorcircuit van een terugloopsysteem kan tot 100 °C oplopen, met kortstondige stoomvorming wanneer de pomp start terwijl de collector > 100 °C is.

Zonnestroom

Een omvormer heeft meestal ventilatieopeningen en/of koelvinnen om de bedrijfstemperatuur niet te hoog te laten oplopen. Met name de koelvinnen (achterzijde omvormer, metaal) kunnen ook brandwonden veroorzaken. Voorschriften van de fabrikant geven dan ook aan om deze niet direct tegen een houten wand te bevestigen.

4.9 Elektriciteit

Wisselspanning (AC)

Het veilig werken met wisselspanning moet door een gekwalificeerde elektromonteur gebeuren. Let er ook op dat kabels en elektrisch gereedschap niet in het water worden gelegd.

Gelijkspanning (DC)

Bij het werken aan PV-panelen doet zich de bijzondere situatie voor dat de spanningsbron niet op normale wijze te schakelen is. Immers, zolang er licht op de PV-panelen valt, wordt er spanning opgewekt. Daarnaast moet men voor de montage van de bedrading en dergelijke ook met speciaal gereedschap voor de elektrische montage werken.

Bij het niet goed contact maken van aansluitingen met gelijkspanning kunnen vlambogen en brand ontstaan. Kabels, klemmenstroken, schakelaars, junctionboxen en DC-stekkers moeten zeer goed verbonden worden anders verbranden deze bij de hoge spanningen die de PV-modules produceren.

Statische elektriciteit

Het is het beste om de metalen delen van een zonnestroomsysteem te aarden. Zonder aarding kan er statische elektriciteit worden opgebouwd in deze delen (rail, module-omkadering, goten). Bij

aanraking kan men zo een schok krijgen. Deze is niet dodelijk, maar kan wel gevaarlijk kan zijn door de ontstane schrikreactie, gecombineerd met werken (in lastige posities) op hoogte.

4.10 Wind

Collectoren en panelen zijn forse windvangende objecten. Houd rekening met windvlagen bij het hanteren van deze onderdelen.

Laat collectoren, panelen en dakbanen ook nooit onbeheerd op het dak liggen; een beetje windvlaag zuigt ze omhoog en blaast ze weg.

4.11 Overige gevaren

4.11.1 Asbest

Asbest mag sinds 1993 niet meer worden verwerkt, maar is in het verleden vaak toegepast in golfplaten, dakleien, rookgasafvoeren, (binnenbekleding van) rookkanalen en dergelijke. Dakbedekking met asbest mag (in goede staat) blijven liggen, maar mag niet hergebruikt worden. In asbest dakbedekking mag niet worden geboord, gezaagd of geslepen. Het verwijderen van asbest mag alleen door een gecertificeerd bedrijf gedaan worden.

4.11.2 Dakbedekking

Bij het aanbrengen van dakbedekkingen (bitumen, kunststof, PVC, EPDM) komen dampen vrij. In het algemeen geldt dat met voldoende ventilatie geen beschermende maatregelen nodig zijn. Voorkom huidcontact door gebruik van geschikte handschoenen.

4.11.3 Oplosmiddelen

Kitten, lijmen, koude kleefstoffen en primers bevatten vluchtige koolwaterstoffen en oplosmiddelen. Bij voortdurend huidcontact bestaat de kans op huidaandoeningen, bij veelvuldige inademing kans op inwerking op het zenuwstelsel. Bovendien zijn deze stoffen vaak licht ontvlambaar. Vermijd het gebruik van thinner, beter is om in plaats daarvan wasbenzine te gebruiken. Zorg daarbij voor voldoende ventilatie en draag rubber handschoenen om huidcontact te vermijden.

4.11.4 Glycol

De glycol die wordt toegepast in zonnearmtesystemen is propyleenglycol en is bij lage concentraties niet-toxisch.

Speciaal voor zonnearmtesystemen wordt vaak propyleenglycol gebruikt met chemische toevoegingen. Deze zorgen voor betere bestendigheid tegen veroudering (degeneratie) door hoge temperaturen en koken en verminderen de corrosie van leidingwerk, pomp en afdichtingen. Ook deze additieven zijn niet-toxisch.

In autoradiatoren en bodemenergiesystemen met een warmtepomp wordt vaak ethyleenglycol toegepast. Deze glycol is zeer giftig en mag nooit worden toegepast in zonnearmtesystemen!

4.11.5 GSM-straling

GSM-antennes zijn staafvormig, circa 1 meter lang, en staan op hoge gebouwen.

Doorstraalantennes zijn schotelvormig, met een diameter van circa 0,5 meter. GSM-antennes zenden elektromagnetische straling uit. Hierdoor kunnen delen van het lichaam opwarmen, wat nadelig kan zijn voor de gezondheid. De veldsterkte van een GSM-antenne neemt snel af op grotere afstand. Om buiten het stralingsgebied te blijven moet men horizontaal een afstand van 3 meter of meer aanhouden en verticaal (buiten de straalbundel) minimaal 0,5 meter.

5 Plaatsbepaling dak

5.1 Inleiding

Vooraf is vaak al bepaald op welk dak en waar op het dak de thermische collector of PV-modules geplaatst worden. In de volgende paragrafen worden de aandachtspunten genoemd om de beste plaats te bepalen.

5.2 Dakbelasting

Het dak moet voldoende dakbelasting aan kunnen om het zonnewarmte- of zonnestroom-systeem te kunnen plaatsen (sterk genoeg zijn). Dit is een constructieve eis en is afhankelijk van het gewicht van het systeem, de windbelasting en eventueel het gewicht van benodigde ballast. Voor montage is gecontroleerd of het dak de extra dakbelasting kan dragen.

5.3 Bouwvoorschriften, vergunningseisen, windbelasting

Om een zonnecollector of zonnepaneel bouwvergunningsvrij aan te mogen brengen moet voldaan worden aan de volgende voorwaarden:

1. De zonnecollector of het zonnepaneel moet op of aan een bouwwerk worden geplaatst;
2. De zonnecollector of het zonnepaneel moet bedoeld zijn voor de energie- of warmtevoorziening van het bouwwerk waarop of waaraan het is geplaatst. Het is ook toegestaan om een collector of een paneel op of aan een bouwwerk te plaatsen ten dienste van een ander op het perceel aanwezig bouwwerk. Zo is een zonnepaneel op een garage (onder voorwaarden) ook bouwvergunningsvrij als het stroom opwekt voor de woning op hetzelfde perceel;
3. De collector of het paneel moet een geheel vormen met de installatie voor het opslaan van het water, respectievelijk het opwekken van elektriciteit. Als dat niet het geval is, dan moet de installatie in het betreffende bouwwerk worden geplaatst;
4. Komt de zonnecollector of het zonnepaneel op een schuin dak, dan geldt dat:
 - o De collector of het paneel niet mag uitsteken en dus aan alle kanten binnen het vlak van het dak moet blijven;
 - o De collector of het paneel in of direct op het dakvlak moet worden geplaatst;
 - o De hellingshoek van de collector of het paneel hetzelfde moet zijn als die van het dakvlak waarop het staat.
5. Komt de zonnecollector of het zonnepaneel op een plat dak, dan geldt dat:
 - o De collector of het paneel ten minste net zo ver verwijderd moet blijven van de dakrand als die hoog is. Is het hoogste punt van de collector bijvoorbeeld 50 centimeter, dan moet de afstand tot de dakrand(en) ook minimaal 50 centimeter zijn;
 - o De hellingshoek van de collector of het paneel niet meer dan 35° mag zijn.
6. De collector mag niet geplaatst worden op een monument of in een door het Rijk aangewezen beschermd stads- of dorpsgezicht.

5.4 Obstakels op het dak zoals dakramen, schoorstenen, dakkapellen, etc.

Voor plaatsing is de plaats van het obstakel van belang, maar ook de schaduw die het obstakel veroorzaakt.

5.5 Aansluiting naar binnen (onderliggende balken/muren)

Van belang is dat het verbindende leidingwerk of de kabels goed naar de gebruikersruimte binnen gevoerd wordt. Speciale aandacht voor de locatie waar de kabels of leidingen binnenkomen en voor balken of muren ter plaatse van de leiding- of kabeldoorvoer.

5.6 Schaduwval op het dak

Behalve schaduw van obstakels op het dak, kan schaduw ook veroorzaakt worden door objecten in de buurt (gebouwen, bomen).

5.7 Plaatsing hellende daken

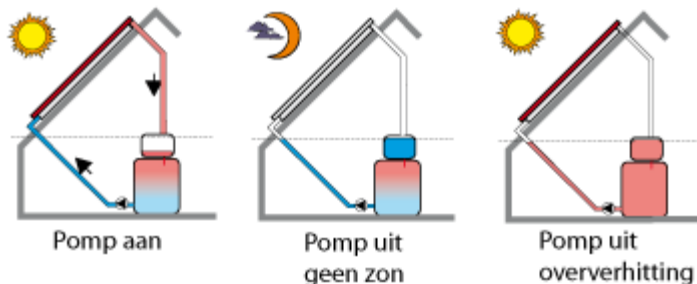
Praktisch gezien kan op hellende daken vanaf de nok het beste minimaal een pan extra vrij worden gehouden (circa 30 cm), aangezien er rondom de nok grotere windbelastingen optreden.

Ook aan de randen van het dak komen grotere windbelastingen voor. Aan te raden is om hier meer verbindingen van het frame aan het dak toe te passen.

Dit in acht genomen, kunnen zowel collectoren als PV-modules het beste zo hoog mogelijk op het dak worden geplaatst. Daar is de schaduwinvloed van eventuele omliggende gebouwen en bomen het kleinst. Bovendien worden zonneboilers vaak op zolder geplaatst, bij het naverwarmingstoestel. Collectoren van zonnearmtesystemen met het teruglooppincipe, moeten zeker hoger geplaatst worden dan het terugloopvolume. Dit terugloopvolume is vaak geïntegreerd in de zonneboiler, maar wordt ook wel apart gemonteerd.



Afb. 5.1 Drukgevuld systeem: collector hoeft niet hoger te liggen dan het opslagvat



Afb. 5.2 Terugloopsysteem: onderkant collector moet hoger liggen dan het terugloopvat

Collectoren hebben vaak een of twee dakdoorvoeren nodig achter de collector. Het is belangrijk om te bekijken wat voor gebruikersruimte ter plaatse aanwezig is. Een dakdoorvoer en leidingen door badkamers, slaapkamers of woonkamers zijn meestal zeer ongewenst.

5.8 Plaatsing platte daken

Een zonnearmte- of zonnestroomsysteem dat als dakbedekking is uitgevoerd, is afhankelijk van het afschot en de oriëntatie van het dak. Er is minimaal een afschot nodig van 3°. Meer afschot is gunstig voor de systeemopbrengst aangezien de afwatering beter is (algengroei!) en ook het afspoelen van vuil. Constructief moet bepaald worden of de constructie het extra gewicht aan kan, dit gewicht is meestal toch behoorlijk hoger dan gangbare dakbedekking. De voornaamste windbelasting op deze systemen is omhoog (zuiging), hiervoor moet een goede bevestiging gemaakt worden.

Collectoren en modules op platte daken kunnen zoveel mogelijk naar het zuiden worden gericht, maar het is aan te raden om de gebouwricting te volgen, en ze niet diagonaal over het dak te plaatsen. De meeropbrengst van exacte zuidplaatsing is gering en het volgen van de gebouwricting is vaak veel gunstiger met uitlijning (dakafschot!) en montage en het is ook fraaier. Er moet voldoende afstand vanaf de rand aangehouden worden, aangezien daar fors hogere windbelastingen optreden dan midden op het dak. Op de hoeken van het dak zijn deze ook nog eens extra hoog. Obstakels op het dak en de hoogte van de dakrand hebben eveneens invloed op de windbelasting.

De windbelasting neemt toe met de gebouwhoogte en is aan de kust hoger dan in het binnenland. Ook de omgeving is van belang: de windbelasting in het open veld is hoger dan in het centrum van een stad.



Afb. 5.3 Windzones in Nederland

De vorm van het frame is ook van belang. Met name voor zonnestroomsystemen zijn veel frames ontwikkeld die minder ballast nodig hebben: door een kleinere opstelhoek, het dicht maken van het frame met windschotten en het onderling verbinden van de rijen.

Met uitgebreide tabellen en software moet de benodigde ballast voor platdakopstellingen nauwkeurig berekend worden, liefst door de producent van het frame. Goede producenten geven ook garanties dat het systeem blijft liggen indien het is geïnstalleerd zoals aangegeven voor de specifieke situatie.

Hierbij is **indicatief** het benodigde totaalgewicht per m² collector/PV-module (dus gewicht van frame + collector/PV-module + ballast) voor verschillende opstelhoogtes, windzones en normale frames versus speciale frames met weinig ballast.

Tabel 5.1 Windzones

Situatie	Windzone 1	Windzone 2	Windzone 3
3 meter hoog, normaal ballast	120	100	90
3 meter hoog, weinig ballast	45	40	35
6 meter hoog, normaal ballast	140	120	110
6 meter hoog, weinig ballast	50	45	40
10 meter hoog, normaal ballast	160	140	130
10 meter hoog, weinig ballast	55	50	45

Bij plaatsing dicht bij de rand: $\pm 1,3$ keer meer ballast gebruiken.

Bij plaatsing in hoekgebied: $\pm 1,5$ keer meer ballast gebruiken.

Het grootste deel van de ballast kan het beste aan de achterzijde (hoge kant) van het frame geplaatst worden, deze is daar het meest effectief.

5.9 Wateraccumulatie

Er moet aandacht aan besteed worden dat de waterafvoer van het dak niet gehinderd wordt door de opstelling van het zonnewarmte- of zonnestroomsysteem. Ook met leidingwerk en kabelgoten moet hiermee rekening gehouden worden.

5.10 Sneeuw

De zonne-energiesystemen kunnen extra sneeuwbelasting veroorzaken (o.a. sneeuwophoping). Bij de bepaling of de constructie sterk genoeg is moet hier rekening mee gehouden worden.

5.11 Effect schaduw op zonnewarmtesystemen

Door schaduw op een collector is de hoeveelheid zoninstraling ter plaatse ongeveer 30 - 60% lager en dus de temperatuur lager die de collector op dat deel bereikt.

5.12 Effect schaduw op zonnestroomsystemen

Zonnecellen zijn meestal in serie geschakeld, stroom moet alle cellen passeren. Valt er geen licht op een cel en wel op de omliggende cellen, dan reageert deze als een weerstand. Dit heeft grote daling van de gehele opbrengst tot gevolg.

Een beschaduwde cel wordt warmer dan de rest van het paneel: het 'hot-spot-effect'. Het temperatuurverschil tussen cellen kan sterk oplopen, hetgeen leidt tot mechanische spanning in het materiaal, eventueel schade en een kortere levensduur.

Vooraf bij zonnestroomsystemen is het dus belangrijk om schaduw te vermijden, met name een scherpe slagschaduw (dakdoorvoeren, schoorstenen, dakkapellen, e.d.).

6 Plaatsen thermische collectoren

Thermische collectoren kunnen op allerlei daken bevestigd worden. De verschillende fabrikanten hebben ieder een eigen bevestigingsmethode en vaak zelfs meerdere mogelijkheden.

Vooraf bij een terugloopsysteem is het belangrijk om de collectoren goed waterpas op het dak te plaatsen, anders is het niet zeker of ze goed leeglopen.

6.1 Bevestiging op hellende daken

Bevestiging is op de volgende wijzen mogelijk:

- Vlakke plaat, in dak: met gotensets, afdichtprofielen, of extra onderlaag;
- Vlakke plaat, op dak: met dakframes of beugels;
- Vacuümbuizen/ heatpipes: zowel op hellende daken als platte daken met dakframes of beugels;
- Onafgedekte collectoren: dakframes of beugels.



Afb. 6.1 Bevestiging vlakkeplaatcollector op dak m.b.v. dakframe



Afb. 6.2 Vlakke plaat in dak



Afb. 6.3 Vacuümbuizen boven dak

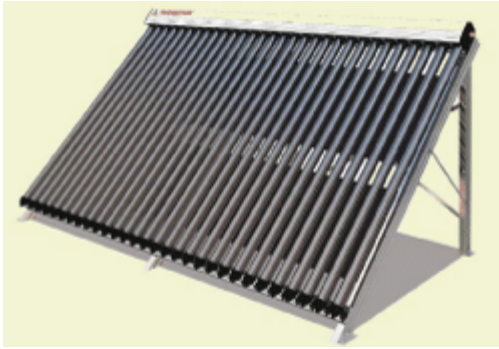
6.2 Bevestiging op platte daken

Bevestiging is op de volgende wijzen mogelijk:

- Frames met ballast;
- Frames vast bevestigd;
- Met dakbedekking geïntegreerd (onafgedekte collector).



Afb. 6.4 Frames vast bevestigd



Afb. 6.5 Frames vast bevestigd



Afb. 6.6 Frames vast bevestigd



Afb. 6.7 Met dakbedekking geïntegreerd

6.3 Overig

Bevestiging is op de volgende wijzen mogelijk:

- Aan gevel, met frame;
- Op de grond, met frame.



Afb. 6.8 Aan gevel bevestigd

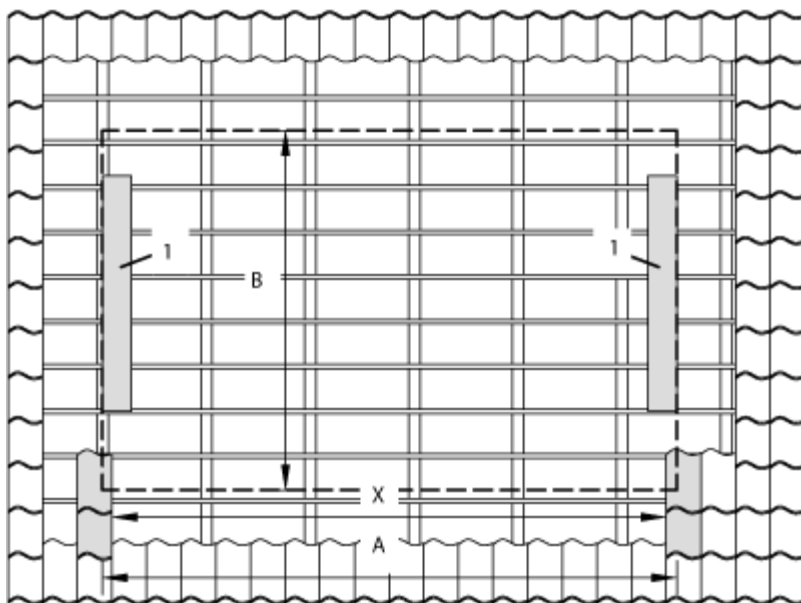


Afb. 6.9 Aan gevel bevestigd

6.4 Plaatsen op hellende daken (dakpannen)

De volgende werkzaamheden moeten worden uitgevoerd:

- Goed opmeten waar de collector moet komen;
- Ruim pannen weghalen, rekening houden met de afmeting van de collector en de gootstukken;
- Exacte positie inmeten en met krijt aangeven;
- Positie van de aansluitingen bepalen;
- Goed controleren of aan de binnenzijde geen balken of muren lopen!
- Benodigde dakdoorvoeren boren;
- Plaatsen collectorsensor: afhankelijk van het type collector moet de collectorsensor vóór of pas na het plaatsen van de collector aangebracht worden;
- Bij systemen met onderlaag de onderlaag plaatsen;
- Collector waterpas plaatsen en vastzetten op de tengels en panlatten;
- Goten/afdichting rondom aanbrengen en dakpannen terugplaatsen. Indien nodig de dakpannen bijslijpen;
- Loodslab aankloppen, deze moet ook goed afwateren.



Afb. 6.10 Relevante afmetingen

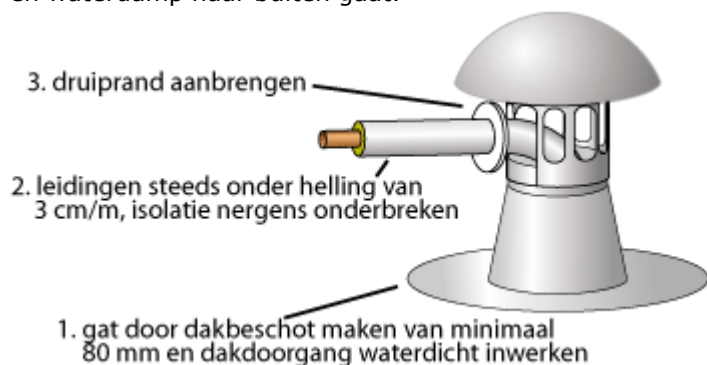
6.5 Plaatsen op platte daken (ballast)

De volgende werkzaamheden moeten worden uitgevoerd:

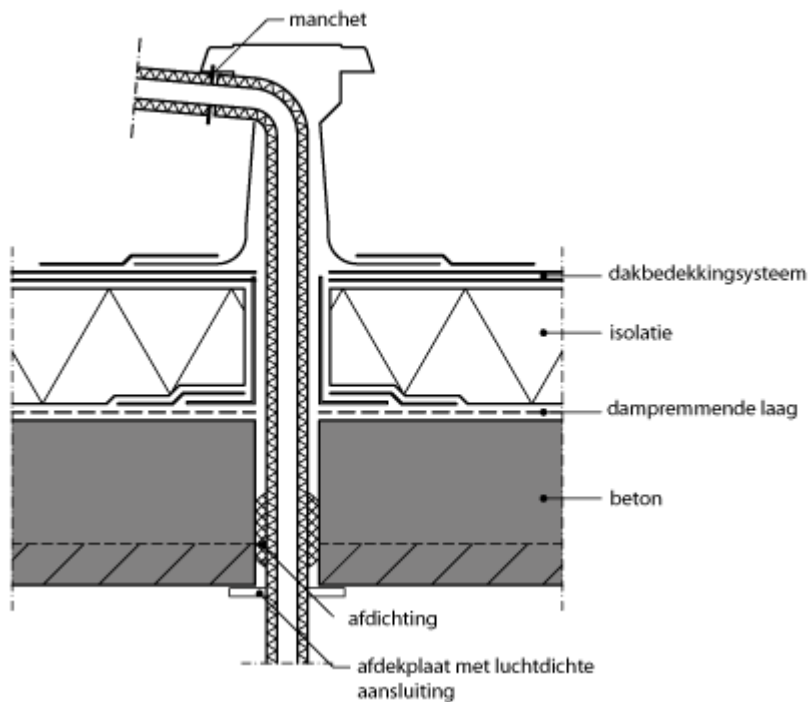
- Positie bepalen waar de collector moet komen. Vooral bij terugloopsystemen is voldoende afschot van de leidingen kritisch, dus afstand tot de plaats van de dakdoorvoer is erg belangrijk;
- Eventueel grind weghalen. Afhankelijk van de dakbedekking bescherming aanbrengen: vilt of rubbermatjes;
- Frame plaatsen, in elkaar zetten en waterpas afstellen;
- De collector op het frame monteren en vastzetten. Aangegeven hoeveelheid ballast uit handleiding/ontwerp plaatsen.
Nooit collectoren liggend of op het frame tijdelijk achterlaten zonder ballast!
- Rails of profielen aanbrengen ten behoeve van leidingbevestiging, van collectoren naar dakdoorvoer;
- De voorgeschreven leidingen aansluiten, voldoende beugelen en de isolatie aanbrengen;
- Collectorsensor aanbrengen en met signaalkabel verbinden.

6.6 Dakdoorvoer

De aanvoer- en retourleidingen en collectorsensorkabel gaan via een dakdoorvoer naar binnen. De dakdoorvoer dient goed afgedicht te worden, zodat er geen water naar binnen kan en geen warmte en waterdamp naar buiten gaat.



Afb. 6.11 Dakdoorvoer plat dak



Afb. 6.12 Dakdoorvoer plat dak

Om ervoor te zorgen dat er langs de leiding/isolatie geen water naar binnen loopt, een druiprand/manchet aanbrengen onder het deksel.

Om ervoor te zorgen dat er door de isolatie geen water naar binnen wordt gezogen, een tie-wrap strak om de isolatie trekken onder het deksel.

Let op: Leidingen van terugloopsystemen moeten ook met afschot door de dakdoorvoer lopen, dus geen zwanenhals erin!

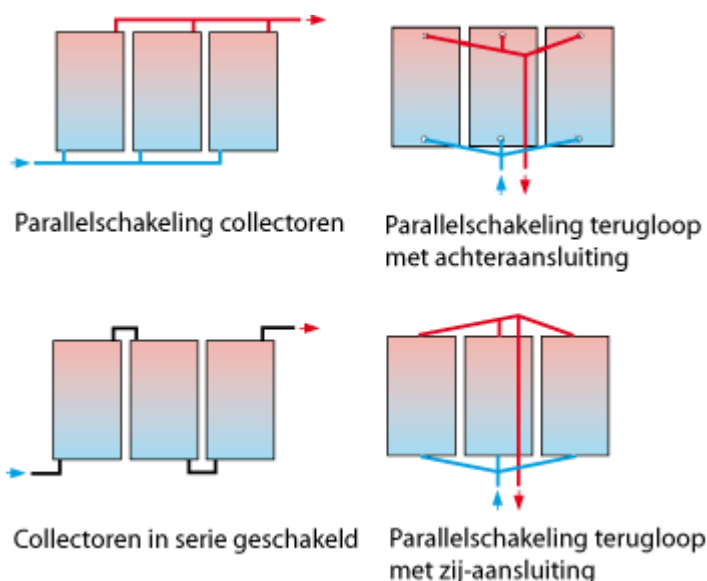
6.7 Aansluitingen

De temperatuur van de aansluitingen en de leidingen stijgt in de zomer vaak ruim boven de 100 °C. Het is dus belangrijk hiervoor een materiaal te gebruiken dat bestand is tegen hoge temperaturen. Bij drukgevlude systemen moet het materiaal ook tegen hoge druk bestand te zijn. Meestal worden hiervoor koperen leidingen gebruikt. Ook flexibele rvs-leidingen worden gebruikt, deze zijn voor terugloopsystemen minder geschikt; ze moeten zeer goed gebeugeld worden om niet te gaan doorhangen. Alleen bij onafgedekte systemen kunststofleidingen gebruiken, bij alle andere systemen worden de temperaturen daarvoor veel te hoog!

Ook de isolatie moet bestand zijn tegen hoge temperaturen. Het beste kan rubberbasis isolatie worden gebruikt of steenwol met aluminium mantel.

Bij meerdere collectoren worden deze gekoppeld. Soms worden deze in serie aangesloten, de uitgaande temperatuur is dan wat hoger. De doorstroomweerstand neemt snel toe met meerdere collectoren.

Vaak worden meerdere collectoren parallel aangesloten. De totale opbrengst is dan hoger. De collectoren moeten dan in Tichelman aangesloten worden (zelfde weerstand voor alle collectoren), of met verzamelleidingen (zelfde debiet voor alle collectoren). Bij een Tichelmanaansluiting is de totale hoeveelheid leidingwerk groter. Bij aansluiting met verzamelleidingen is het zaak het debiet evenredig te verdelen over alle collectoren. Dit kan met regelventielen of een nauwkeurig ontworpen diameterverloop van de leidingen.



Afb. 6.13 Schematische weergave koppeling collectoren

Lees voor aansluitingdetails en materiaalgebruik de handleiding en aansluitschema's van de fabrikant.

6.8 Collectorsensor

Bij alle types zonnearmtesystemen is het noodzakelijk om de temperatuur in de collector te weten. De regeling kan hiermee bepalen wanneer en hoe hard de pomp moet pompen. Tijdens het plaatsen moet de collectorsensor dan ook al aangebracht worden IN de collector. Meestal staat in de handleiding vermeld hoe en waar de sensor aangebracht moet worden. Belangrijk is dat de sensor goed contact maakt en vastzit zodat deze gedurende vele jaren goed blijft functioneren en niet los kan gaan door weersinvloeden en wisselingen van koud en warm.

Ook is het belangrijk dat de kabel geen metalen raakt die erg warm kunnen worden.

De sensor kabel is meestal een 2-aderige 0,75 mm² kabel. Indien er meer dan circa 30 meter kabel nodig is kan dikkere kabel (bijv. 1,5 mm²) gebruikt worden.

Als er meerdere collectoren worden geplaatst in een zonnearmtesysteem, is over het algemeen slechts één collectorsensor nodig. Het beste is om deze dan in de middelste collector aan te brengen, deze geeft de meest gemiddelde temperatuur en reactie op doorstroming.

Indien zeer veel collectoren worden geplaatst en er schaduwval op een deel van het collectorveld kan voorkomen, is het aan te raden om meerdere sensoren toe te passen. Neem daarvoor contact op met de leverancier.

7 Plaatsen zonnestroompanelen/folie

Zonnestroomsystemen kunnen op allerlei daken bevestigd worden. De verschillende framefabrikanten hebben vaak meerdere bevestigingsmethodes voor verschillende situaties.

7.1 Schuin dak

Plaatsing op een schuin dak:

- Panelen, in dak/dakgeïntegreerd: gotensets, profielen, onderlaag met profielen, etc.
- Panelen, op dak: dakframes en beugels.

7.2 Plat dak

Plaatsing op een plat dak:

- Panelen, frames met ballast;

- Panelen, frames vast bevestigd;
- PV-folie, dakbedekking/dakgeïntegreerd.



Afb. 7.1 Frame met ballast



Afb. 7.2 Gebruik van het grind van het dak als ballast in de montagebak



Afb. 7.3 PV-folie

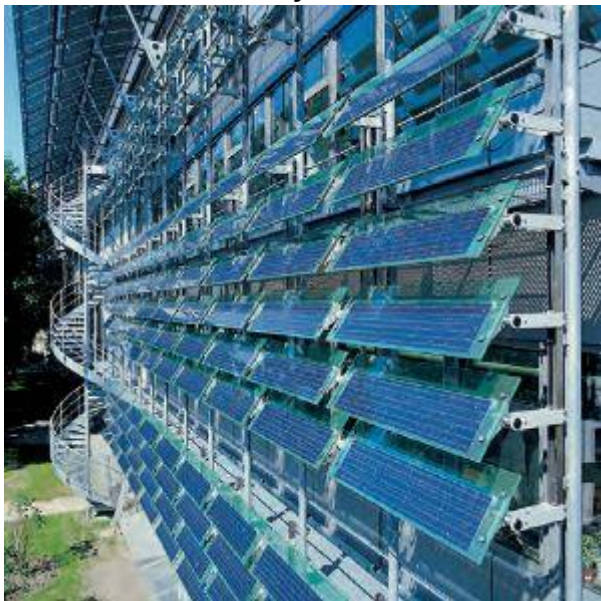
7.3 Overig

Plaatsing in overige situaties:

- Aan de gevel;
- In de gevel (gebouwgeïntegreerd, Building Integrated);
- Op of in de grond, vrije veld;
- Draaibaar (plat dak, of op de grond).



Afb. 7.4 PV-installatie bij ECN in Petten



Afb. 7.5 PV-installatie uitgevoerd als zonwering

7.4 Plaatsen op hellende daken (dakpannen)

Positie bepalen waar de panelen moeten komen.

In-daksysteem:

- Ruim pannen weghalen;
- Eventuele onderlaag plaatsen;
- Plaatsen panelen;
- DC-kabels aansluiten volgens aansluitschema;
- Pannen terugplaatsen, eventueel bijlijpen.

Op-daksysteem:

- Pannen opzij schuiven;
- Dakhaken aanbrengen op de tengels (verticaal) of liggers (horizontaal);
- Indien nodig uitvullen met stukjes triplex of hoekje uit pannen slijpen;
- Pannen terugschuiven;
- **Nooit** de dakhaken als voetsteun gebruiken, de onderliggende dakpannen gaan hierdoor kapot!
- De rails aan de dakhaken bevestigen;
- De panelen plaatsen;
- DC-kabels aansluiten volgens aansluitschema;
- Kabels vastzetten (mogen niet door wind langs scherpe of ruwe delen kunnen schuren);
- De verschillende stringkabels aansluiten, merken en naar binnen voeren door een dakdoorvoer;
- Frame aarden.

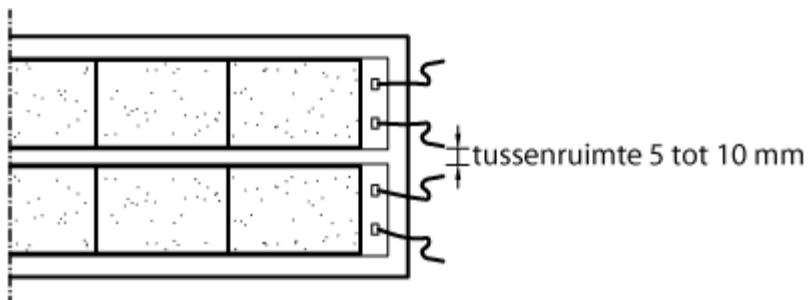
7.5 Plaatsen op platte daken

Panelen, ballastframe:

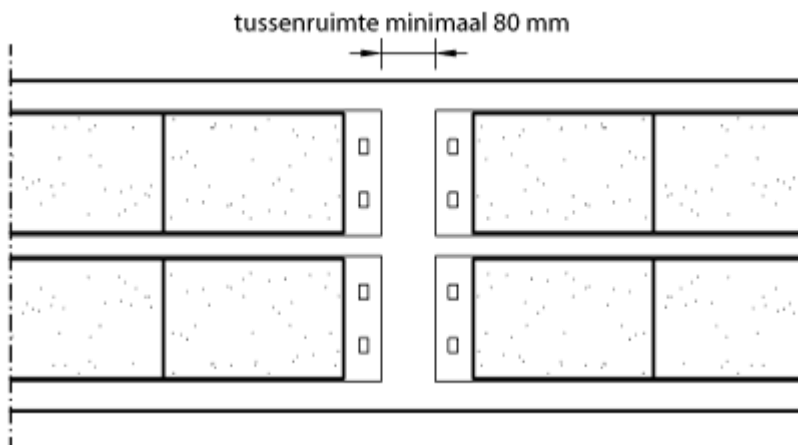
- Bepalen waar panelen moeten komen;
- Plaats obstakels nameten;
- Eventueel grind weghalen;
- Bescherming aanbrengen afhankelijk van dakbedekking: vilt of rubbermatjes;
- Frame plaatsen, ballast aanbrengen, panelen plaatsen en strings aansluiten volgens aansluitschema;
- Kabels goed vastzetten (mogen niet door wind langs scherpe of ruwe delen kunnen schuren);
- Kabelgoten aanbrengen, stringkabels aansluiten, merken en door kabelgoot via dakdoorvoer naar binnen voeren;
- Frame aarden.

PV-folie:

- De aanwezige dakbedekking controleren, deze moet voldoende vlak, gaaf en stabiel zijn;
- De positie bepalen van het geplande systeem en controleren of het ontwerp uitvoerbaar is;
- De dakbedekking grondig reinigen en goed laten drogen, niet meer over lopen totdat de PV-folie is aangebracht;
- Afhankelijk van het type toplaag deze behandelen volgens voorschrift van de fabrikant;
- De PV-foliedakbaan uitrollen op de positie volgens het banenplan. Bij het uiteinde van de PV-foliedakbaan de wegtrekfolie over ongeveer 150 mm onder de module schuiven en het vrijgemaakte deel hechten op de dakbedekking;
- De nu gepositioneerde PV-folie vanaf de andere kant in een niet te kleine diameter oprollen;
- De wegtrekfolie daarna wegtrekken terwijl de PV-folie wordt gehecht aan de dakbedekking;
- Een eenmaal uitgerolde dakbaan PV-folie zonder wegtrekfolie is niet meer zonder beschadiging te verwijderen van de dakbedekking!
- De PV-folie aanrollen met door de leverancier meegeleverde roller. Het beste is om de PV-folie eerst in het midden aan te drukken over de hele lengte, en daarna steeds vanuit het midden naar de randen van de PV-folie te rollen;
- Tussen de dakbanen PV-folie minimaal 5 -10 mm ruimte houden;
- Dakbanen PV-folie achter elkaar minimaal 80 mm uiteen plaatsen, soms meer indien er een looppad en/of kabelgoot tussen komt (zie afbeelding 7.7);
- Kabelgoten aanbrengen, DC-kabels aansluiten, merken en door kabelgoot via dakdoorvoer naar binnen voeren;
- Op platte daken de DC-kabels deugdelijk aanbrengen in mantelbuis of kabelgoten, bestand tegen UV-licht en mechanische beschadiging. Let er ook op dat er geen water in de goot of buis kan blijven staan: gevaar voor elektrisch contact met water en vorstschade.



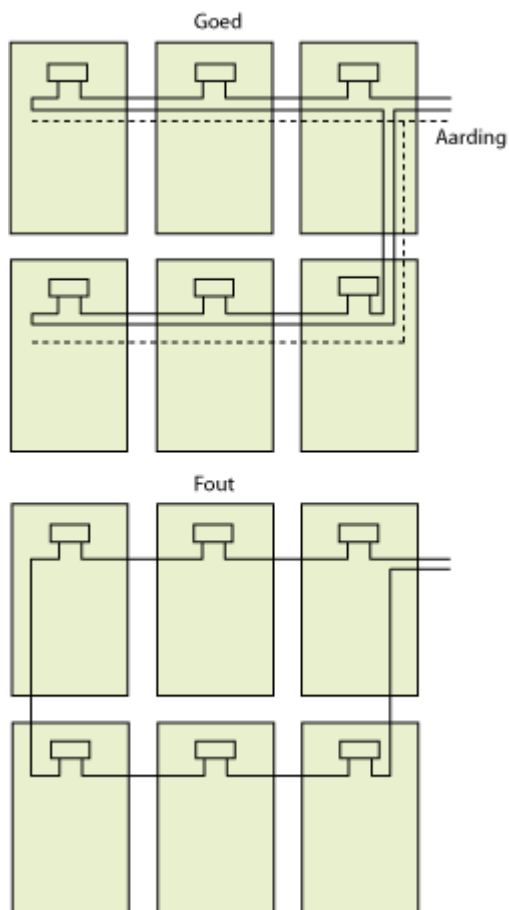
Afb. 7.6 Minimale afstand tussen twee modules



Afb. 7.7 Minimale ruimte bij de kopse aansluiting tussen twee modules

7.6 Inductielussen

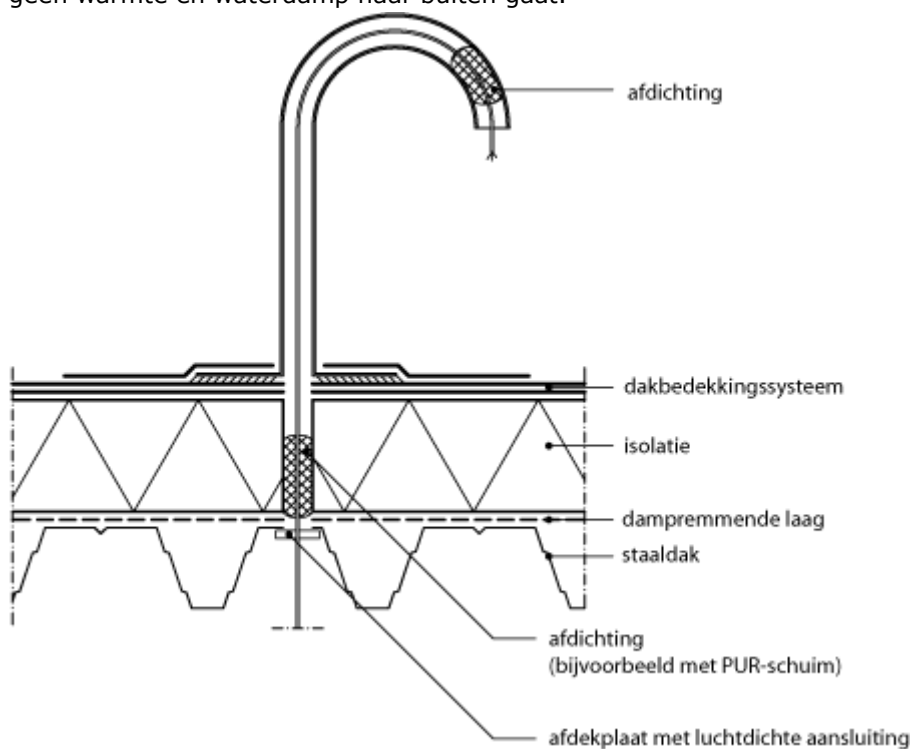
Laat de plus- en minbekabeling tussen de panelen/dakbanen dicht bij elkaar lopen en parallel. Voorkom zo dat er grote oppervlakten worden omsloten met de DC-bekabeling, hierdoor kunnen forse inductiespanningen ontstaan in de bekabeling!



Afb. 7.8 Correct en niet correct aangebrachte stringbekabeling

7.7 Dakdoorvoer

De dakdoorvoer bij zonnestroomsystemen is meestal een smalle opening waarlangs de stringkabels naar binnen lopen. Deze dakdoorvoer goed afdichten, zodat er geen water naar binnen kan en geen warmte en waterdamp naar buiten gaat.



7.8 Aansluitingen

Elk paneel en elke dakbaan PV-folie heeft 2 DC-kabels aan zijn junctionbox, met plus- en minstekker eraan. Hiermee kunnen deze worden doorverbonden volgens het aansluitschema. De plus- en minkabels om de string (eerste en laatste paneel in een serie) die aangesloten moeten worden op de omvormer moeten op maat gemaakt worden. Hieraan dient de juiste stekker (1 plus en 1 min per string) gezet te worden. Controleer dit altijd goed en gebruik altijd de bijbehorende tang van het type stekker dat bij deze panelen gebruikt wordt.

Controleer of de kabel goed verbinding maakt met de stekker en of de stekker goed in de aansluiting aan de junctionbox van het paneel klikt. Indien later blijkt dat ergens een stekker-aansluiting niet goed zit, kost het veel moeite om het probleem op te sporen en de locatie is vaak niet meer gemakkelijk bereikbaar! Indien stekkerverbindingen niet goed zijn, kan brandschade aan het systeem of gebouw ontstaan! De DC-spanning loopt hoog op en veroorzaakt bij slechte verbindingen vlambogen.

Gebruik altijd UV-bestendige en dubbelgeïsoleerde DC-kabel en aardingskabel van de aangegeven diameter volgens het aansluitschema. Markeer de kabels voordat deze naar binnen gevoerd worden (noteer: omvormer/string/ plus of min), dit scheelt veel uitzoekwerk binnen.



Afb. 7.10 Duurzame kabelcodering



Afb. 7.11 Stekkerverbinding

7.9 Aarding van de constructie

Het aarden van de constructie (metalen frame en modulelijst) heeft een andere reden dan het aarden van het DC-circuit (modules en omvormer). Aarden van het DC-circuit wordt behandeld bij de omvormer.

De reden voor aarding van de constructie en de modules is elektrische veiligheid. De meeste PV-panelen zijn klasse II en aarden is dus officieel niet nodig. Door capacatieve koppeling in de omvormer en in het PV-paneel, ontstaat er in de praktijk al snel een spanning op het frame van het zonnepaneel. Deze spanning is meestal niet gevaarlijk, maar kan wel tot schrikreacties leiden bij aanraken, wat vooral op een dak erg gevaarlijk is. Bij omvormers zonder scheidingstransformator speelt dit effect nog sterker. In dat geval zijn de zonnecellen in het PV-paneel rechtstreeks met de netspanning verbonden.

Aarden is verplicht:

- Wanneer de constructie en panelen aan een bliksembeveiligingsinstallatie zijn gekoppeld;
- Bij het toepassen van een trafoloze omvormer.

Aarden wordt ten zeerste aanbevolen:

- Bij plaatsen modules op metalen frames;
- Daar waar schrikreacties gevaarlijke situaties kunnen opleveren.

Aarden aanbevolen:

- In alle overige gevallen.

Om de metalen onderdelen van de constructie te aarden, moet aardekabel gebruikt te worden. Dit mag niet-geïsoleerde kabel of geel/ groen gemerkte kabel zijn.

De diameter van de aardekabel moet minimaal gelijk zijn aan de diameter van de gebruikte DC-bekabeling.

De aardekabel moet alle metalen onderdelen koppelen, meelopen met de DC-bekabeling en binnen met de aarderail in de meterkast verbonden worden.

8 Plaatsen zonneboiler

8.1 Opstellingsruimte

Benodigde ruimte

Voor het plaatsen van de zonneboiler binnen moet voldoende ruimte zijn. Ook moeten er nog leidingen en appendages om de boiler gemonteerd kunnen worden.

Verbinding met andere systemen

De leidingen vanaf de collector(en) moeten verbonden worden met de zonneboiler. Ook moet de zonneboiler verbonden worden met de koudwaterleiding en moet de warme uitgaande leiding met de naverwarmer verbonden worden. Houd hiermee rekening bij het kiezen van de opstellingsplaats van de zonneboiler, houd de leidinglengtes zo kort mogelijk!

Gewicht

De zonneboiler heeft een eigen gewicht en bevat daarnaast nog een hoeveelheid water (1 kg/l). De opstelplaats van de zonneboiler moet geschikt zijn om dat gewicht te dragen. Bij hangende zonneboilers moet de muur voldoende sterk zijn, bij staande zonneboilers de vloer.

Bereikbaarheid

Ook na installatie moet de zonneboiler goed bereikbaar zijn voor onderhoud, vervangen glycol, aflezen melding regeling, etc.

Geluid

De pomp van de zonneboiler en de vloeistof in de leidingen maken (beperkt) geluid. Het is daarom het beste deze niet op te stellen in ruimtes waarin gewerkt wordt. Slaapkamers zijn ook af te raden, hoewel de pomp nauwelijks in bedrijf is op de tijdstippen dat mensen slapen.

8.2 Onderdelen en aandachtspunten

De uitvoering en aandachtspunten zijn afhankelijk van de inhoud van het collectorcircuit en het werkingsprincipe: drukgevoerd of terugloop.

8.3 Opslagvat

De grootte van het opslagvat moet passen bij het collectoroppervlak. Bij een te klein opslagvat is de opbrengst veel lager: er kan minder warmte in worden opgeslagen. Met een hoge vattemperatuur is de collectorbijdrage lager. Bij een te groot opslagvat gaat meer warmte verloren door het grotere vatoppervlak en er worden minder hoge temperaturen bereikt.

Als materiaal voor de opslagvaten komt geëmailleerd staal, koper, rvs en kunststof voor. Met geëmailleerd stalen vaten is altijd een opofferingsanode nodig. Deze dient tijdig vervangen te worden, de plaats moet dus bereikbaar blijven.

De maximale temperatuur van geëmailleerd stalen en kunststofvaten is beperkt.

Thermische gelaagdheid (scheiding tussen koud water onderin en warm water bovenin) is erg belangrijk voor de mogelijke opbrengst. Vaten met een slechte warmtegeleiding (rvs, kunststof) hebben een betere gelaagdheid. De vatopstelling is ook erg belangrijk: smal en hoog is veel gunstiger dan breed en laag. Een liggende opstelling is het minst gunstig voor de gelaagdheid. Soms worden geperforeerde schotten aangebracht in het opslagvat om de gelaagdheid te vergroten of te verbeteren.

8.4 Leidingen

Het materiaal van de leidingen en de koppelingen moet hoge temperaturen aankunnen:

- Onafgedekte collectoren: 80 °C;
- Vlakkeplaatcollectoren: 200 °C;
- Vacuümbuizen e.d.: 250 °C.

Bij drukge vulde systemen moet het materiaal ook tegen hoge druk bestand zijn. Meestal worden hardkoperen leidingen gebruikt of flexibele rvs-leidingen bij gevulde glycol-systemen. Flexibele leidingen zijn voor terugloopsystemen minder geschikt: deze moeten zeer goed gebeugeld worden om niet te gaan doorhangen. Alleen bij onafgedekte systemen kunnen kunststofleidingen gebruikt worden.



Afb. 8.1 Koperen buis



Afb. 8.2 Voorgeïsoleerde buis

De koppelingen tussen de leidingen moeten ook bestand zijn tegen de hoge temperatuur (en druk). Het is mogelijk om koppelingen te hardsolderen, te knellen of te persen. Bij knellen en persen moeten de binnenringen ook weer tegen de hoge temperaturen en druk bestand zijn, standaard perskoppelingen kunnen hier meestal niet voor gebruikt worden.

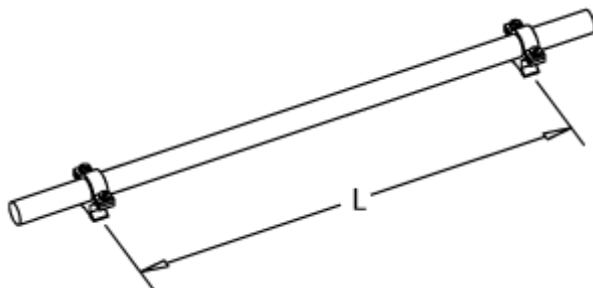
De leiding moet voldoende gebeugeld worden anders gaat deze doorhangen door langdurig gebruik en hoge temperaturen.

Gebruik beugels die voorzien zijn van een kunststofinleg. Bij buitenopstelling geen zinken beugels, draadstangen, profielen en goten toepassen, deze zijn niet langdurig weersbestendig.

De volgende minimale bevestigingsafstanden gebruiken, afhankelijk van de leidingdiameter.

Tabel 8.1 Minimale bevestigingsafstanden

Leidingdiameter [mm]	Minimale beugelafstand [m]
15	0,8
22	1
28	1,2
35	1,5
42 en groter	2



Afb. 8.3 Minimale bevestigingsafstand

Bochten niet met een kniestuk van 90° uitvoeren, dit is erg slecht voor de leidingweerstand.

Gebruik een buigijzer of 2 kniestukken van 45°.

8.4.1 Leidingafschot

Bij terugloopsystemen is voldoende afschot van de leidingen kritisch voor het goed functioneren van het systeem. De hoeveelheid benodigd afschot is afhankelijk van de toepassing, vloeistof en leidingdiameter, maar moet altijd minimaal 1 - 3 cm/meter bedragen. Dit mag altijd meer zijn, meer is beter!

Ook de leidingen van een drukgevuuld systeem moeten een klein afschot hebben! De glycoloplossing moet periodiek vervangen worden, het circuit moet leeg kunnen lopen. Ook is het circuit gemakkelijker te vullen en te ontluchten.

8.4.2 Leidingisolatie

De isolatie van leidingen en aansluitingen moet ook bestand zijn tegen hoge temperaturen. Bij afgedekte collectoren en vacuümbuizen rubberbasisisolatie (HT) gebruiken, of steenwol met aluminium mantel.

Voor buitentoepassing moet de isolatie ook langdurig bestand zijn tegen weersinvloeden, UV-licht en schade door vogels.

Bij lange rechte leidingen eventueel een expansiestuk/compensator toepassen om de thermische uitzetting en krimp op te vangen.

Vloeistof inhoud per meter leiding:

- 12 mm: 0,11 l;
- 15 mm: 0,18 l;
- 22 mm: 0,38 l;
- 28 mm: 0,62 l;
- 35 mm: 0,96 l;
- 42 mm: 1,39 l.

8.5 Pomp en regeling

De pomp wordt door de regeling meestal aangestuurd op basis van het temperatuurverschil tussen collector en opslagvat. Als het temperatuurverschil te klein is of het gehele opslagvat een bepaalde ingestelde temperatuur heeft bereikt, schakelt de pomp uit.

Bij systemen met glycoloplossing moet het pompvermogen wat hoger zijn in verband met de hogere viscositeit van de glycoloplossing.

Bij terugloopsystemen moet de pomp een voldoende hoog aanvangsvermogen hebben om de opvoerhoogte naar de collectoren te overbruggen. Als de vloeistof over het hoogste punt is en gaat hevelen, schakelt de pomp meestal terug.

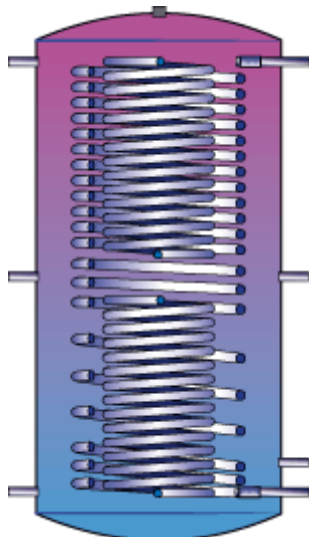


Afb. 8.4 Inbouwcirculatiepomp

8.6 Warmtewisselaar

In de meeste opslagvaten t/m 1.000 l zit de warmtewisselaar geïntegreerd in de vorm van één of meer spiralen. Bij grotere systemen komen externe warmtewisselaars voor.

Voor warmtapwater moet bij meer dan 45 kW nominaal vermogen een dubbelwandige warmtewisselaar toegepast worden, tenzij de ketel alleen voor tapwaterverwarming gebruikt wordt.



Afb. 8.5 Warmtewisselaar

8.7 Afsluiters, vulkranen en regelventielen

Om vervanging van pomp of opslagvat mogelijk te maken is het altijd aan te raden om afsluiters te plaatsen in de technische ruimte. Ook het aanbrengen van een vulkraan is aan te raden, bij standaardssystemen is deze al vaak voorzien.

Regelventielen zijn alleen bij grotere systemen soms nodig; deze toepassen in overleg met de fabrikant. Regeling van het debiet bij voorkeur via de pomp/regeling variëren of instellen.



Afb. 8.6 Afsluiter



Afb. 8.7 Inregelventiel

8.8 Overdrukventiel

Overdrukventielen zijn bedoeld om calamiteiten op te vangen, in zowel het primaire (zonne)circuit, als in het secundaire (tapwater)circuit. Bij standaardsystemen zijn deze meestal voorzien. Water dat geloosd wordt met een leiding naar het riool/afvoerputje voeren. Indien glycol wordt geloosd is een aparte opvang nodig.



Afb. 8.8 Overdrukventiel



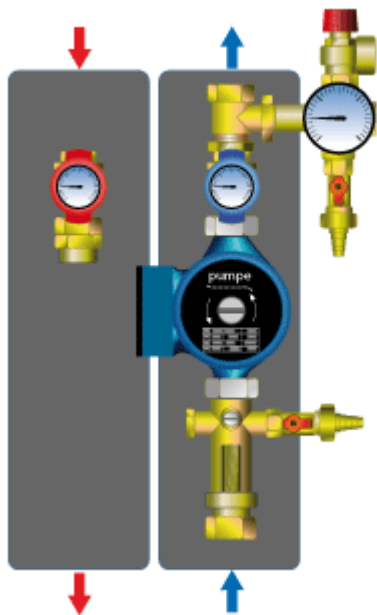
Afb. 8.9 Overdrukventiel

8.9 Drukmeter

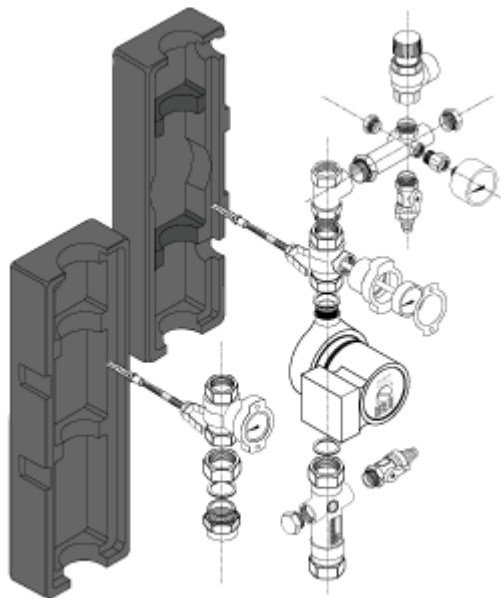
In drukgevlude systemen is een drukmeter noodzakelijk. Bij standaardsystemen is deze vaak al voorzien. Bij terugloopsystemen geen drukmeter toepassen.



Afb. 8.10 Manometer



Afb. 8.11 Standaard aansluitset



8.10 Terugslagklep

In drukgevlude- en thermosyphonsystemen zijn één of meer terugslagkleppen noodzakelijk. Bij standaardsystemen zijn deze vaak al voorzien. Bij terugloopsystemen geen terugslagkleppen toepassen.



Afb. 8.12 Terugslagklep

8.11 Ontluchters

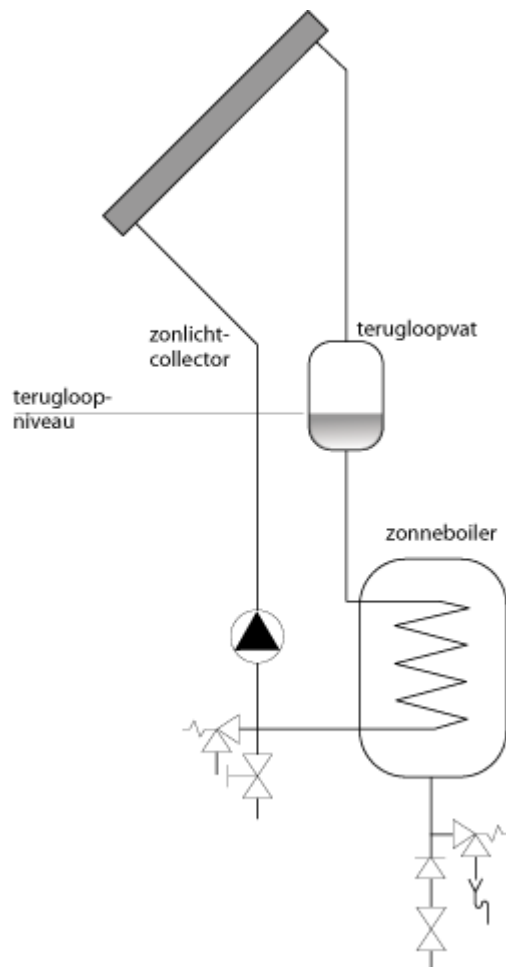
In drukgevlude systemen zijn één of meer ontluchters noodzakelijk. Ze moeten op het hoogste punt van het collectorcircuit aangebracht worden. Er moet een 'Solar'-versie gebruikt worden in verband met de hoge temperaturen. Bij terugloopssystemen geen ontluchters toepassen.



Afb. 8.13 Ontluchter

8.12 Terugloopvaten

Bij terugloopssystemen is een terugloopvat nodig voor de vloeistofinhoud van het collectorcircuit. Bij de meeste standaardssystemen is deze circuitinhoud slechts 5 -10 liter en is het terugloop-volume geïntegreerd in de zonneboiler. Bij grotere systemen of bij zeer grote opvoerhoogtes en/of lange leidinglengtes, worden aparte terugloopvaten toegepast. De grootte van het externe terugloopvat is afhankelijk van het collectoroppervlak en de leidinglengte. Wanneer een extern terugloopvat gebruikt wordt, is het collectorcircuit gevuld tot het externe terugloopvat.



Afb. 8.14 Terugloopvat



Afb. 8.15 Terugloopvat

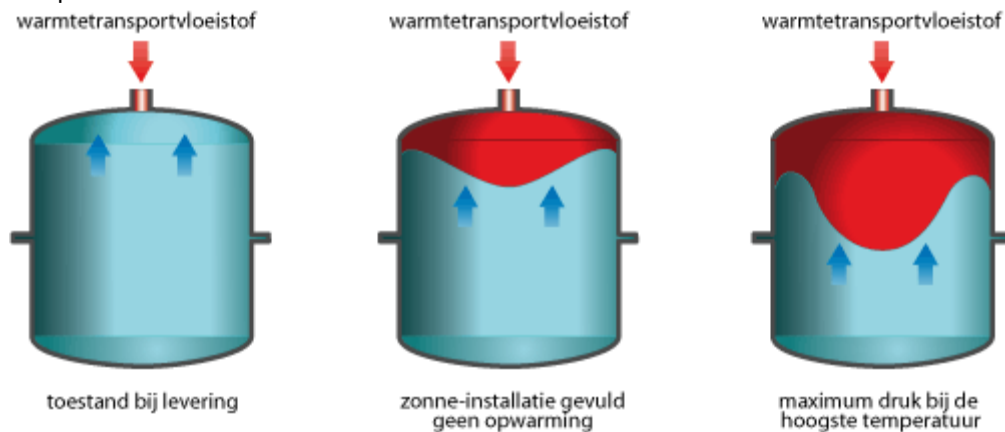
8.13 Expansievaten

Bij drukge vulde systemen is altijd een expansievat nodig om de druk- en volumeschommelingen in het gesloten circuit op te vangen. De grootte van het expansievat is afhankelijk van de inhoud van de collectoren en het leidingcircuit, van de opvoerhoogte tot de collectoren en van de temperatuur die bereikt kan worden. Het expansievat moet van het 'Solar'-type zijn: deze expansievaten zijn

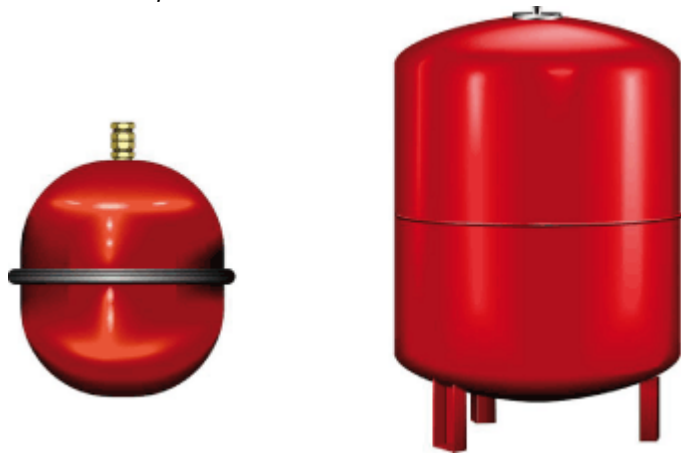
bestand tegen veel hogere temperaturen en druk dan die voor verwarmingssystemen en het membraan is bestand tegen de glycoloplossing en additieven.

Behalve de normale uitzetting en krimp van de inhoud van het collectorcircuit bij wisselende temperaturen, moet het expansievat de uitzetting ervan kunnen opvangen wanneer de glycoloplossing uit de collectoren wordt gedrukt of gekookt bij hoge temperaturen. Type en grootte van het expansievat laten bepalen door de leverancier!

Bij optreden van zeer hoge temperaturen in het circuit (met name vacuümbuissystemen) een voorschakelvat voor het expansievat plaatsen, dit beschermt het expansievat tegen te hoge temperaturen.



Afb. 8.16 Expansievat



Afb. 8.17 Expansievat



Afb. 8.18 Binneninstallatie

8.14 Collectorcircuitvloestof

Bij drukgepaste systemen is het hele collectorcircuit gevuld met een glycoloplossing (propyleenglycol). Vaak zijn hieraan additieven toegevoegd die zorgen voor een minder snelle veroudering en minder corrosie. Nooit zinken onderdelen toepassen in het leidingcircuit. Vermeld altijd het merk en de concentratie glycoloplossing. Navullen mag enkel met hetzelfde glycolmengsel.

Bij terugloopsystemen is slechts een klein deel van het collectorcircuit gevuld. Meestal wordt hier gewoon water voor gebruikt, maar er kan ook een glycoloplossing worden gebruikt.

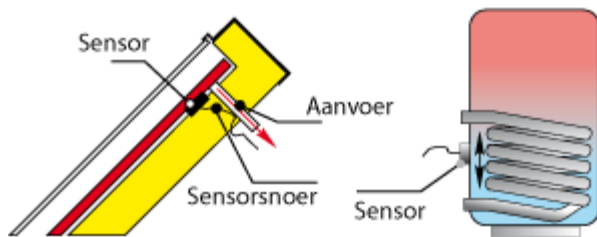


Afb. 8.19 Glycol

8.15 Sensoren

Sensoren of voelers meten de temperatuur in de collector en het opslagvat. Met behulp van de gemeten waarde wordt de circulatiepomp in- of uitgeschakeld.

Er zijn verschillende soorten sensoren: thermokoppels (Pt 100, Pt 1000) of thermistors (semigeleider NTC of PTC).



Afb. 8.20 Temperatuursensor
Temperatuursensor



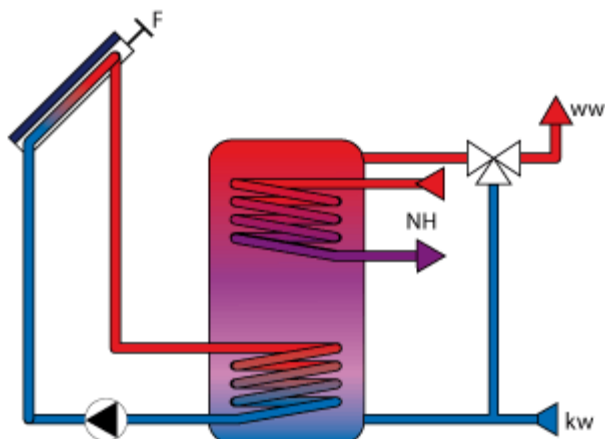
Afb. 8.21 Temperatuursensoren

8.16 Thermostatisch mengventiel

Het is aan te raden om altijd een thermostatisch mengventiel te plaatsen na een zonnearmtesysteem, aangezien de meeste systemen in de zomer het tapwater tot boven 80 °C verwarmen. Dit voorkomt te hoge temperaturen bij de inlaat van de naverwarmer en/of bij de tappunten.



Afb. 8.22 Mengventiel



Afb. 8.23 Leidingcircuit

8.17 Controle op werkzaamheden

Nadat alle aansluitingen aan de collectoren, het opslagvat en de appendages zijn gemaakt waardoor een gesloten circuit is ontstaan, moet worden gecontroleerd of alle aansluitingen ook werkelijk lekdticht zijn. De leverancier geeft hiervoor richtlijnen. De goede werking van een zonneboilersysteem is vaak afhankelijk van de juiste uitvoering van details. Alvorens de installatie op te leveren is het raadzaam om de werkzaamheden systematisch te inspecteren. In hoofdstuk 10 is hiervoor een checklist 'Oplevering zonnearmtesystemen' opgenomen.

8.18 Afpersen

Het afpersen kan met perslucht of water gebeuren. Afpersen met lage luchtdruk - vergelijkbaar met het afpersen van gasleidingen - geeft alleen een duidelijk beeld wanneer dit over een langere periode bekeken wordt (bijv. een etmaal). De collectoren geven namelijk sterke schommelingen in de (lage) luchtdruk bij de minste verandering van zonnestraling.

Houd bij het afpersen met hoge luchtdruk of met water wel de door de fabrikant opgegeven maximale werkdruk aan. Afpersen met water kan vaak worden gecombineerd met het spoelen van de leidingen, wat door de meeste fabrikanten wordt aangeraden.

Drukge vulde systemen moeten vaak ook eerst met water worden gespoeld. Dit kan niet bij vorst als er geen of slechts een beperkt afschot is.

De isolatie rond de leidingen pas na het afpersen dichtlijmen of mantels erom aanbrengen!

8.19 Vullen van het systeem

Het vullen van terugloopsystemen met leidingwater kan meestal met een vulkraan. Vul het circuit rustig tot het aangegeven vulniveau/teruglooppniveau. Wacht even en vul eventueel nog bij tot het vulniveau stabiel blijft en sluit het circuit dan af. Het correct teruglopen en vulniveau controleren nadat het systeem even heeft gedraaid.

Terugloopsystemen nooit verder vullen dan het door de fabrikant aangegeven vulniveau!

Bij drukge vulde systemen wordt meestal gevuld met een glycoloplossing.

Bescherm de ogen en gebruik handschoenen bij het gebruiken van de glycoloplossing. Vullen met een glycoloplossing gebeurt meestal met behulp van de pomp vanuit een voorgemengd reservoir.

Bij drukge vulde systemen moet het collectorcircuit zeer goed ontlucht worden. Achterblijvende lucht in het circuit vermindert de opbrengst en laat de glycoloplossing sneller degenereren (verouderen). Daarom moeten drukge vulde systemen nooit gevuld worden met hete collectoren, de glycoloplossing degenereert dan direct onder invloed van zuurstof en de hoge temperatuur. Het vullen 's morgens, 's avonds of bij bewolkt weer uitvoeren, indien nodig de collectoren afdekken.

Laat de vulpomp enige tijd doorlopen om luchtballen te verwijderen en vul tot de door de fabrikant aangegeven druk. Sluit de vulkranen en ontlucht het circuit. Herhaal dit zo vaak als nodig is, controleer en vul nog bij nadat systeem even heeft gedraaid.

Gemorste vloeistof met veel water wegpoetsen.

8.20 In bedrijf stellen

Na het vullen en afwerken de regeling aanzetten, deze doorloopt vaak een opstartcyclus (zelfcheck). Daarna functioneert het systeem geheel zelfstandig. De temperaturen en correcte werking controleren. Als alles goed werkt de opleverchecklist invullen, de klant instrueren en de checklist laten ondertekenen, daarna alles netjes opruimen.

9 Monitoring, inspectie, onderhoud en service zonnearmtesystemen

9.1 Monitoring

Monitoring van zonnearmtesystemen gebeurt voornamelijk door weergave van de gegevens op de regeling. Monitoring op afstand is niet gebruikelijk: de meerkosten zijn relatief hoog ten opzichte van het zonnearmtesysteem zelf. Soms gebeurt dit bij grote systemen door middel van warmtemeters en dataloggers. Vaak worden grote zonnearmtesystemen opgenomen in gebouwbeheersystemen, of heeft het gebouwbeheersysteem temperatuursensoren in collector en opslagvat en worden pompstoringen doorgegeven.

Het onderhoud van zonnearmtesystemen is in het algemeen minimaal. Ook voor de bediening geldt dat dagelijkse aandacht niet nodig is.

Wanneer een zonnearmtesysteem door een storing niet functioneert, is dat niet direct merkbaar voor de gebruiker; de naverwarmer vult het tekort immers automatisch aan. Daarom is het aan te raden om de correcte werking periodiek te controleren.

De regeling geeft vaak storingsmeldingen aan via het display en een rood/oranje knipperend lampje. Een wekelijkse controle door de gebruiker (gedurende de dag) kan storingen in een vroeg stadium aan het licht brengen.

Geadviseerde frequentie van inspectie en preventief onderhoud door de installateur is als volgt:

- Grote systemen: jaarlijks of vaker;
- Kleinere drukge vulde systemen: jaarlijks;
- Kleinere terugloopsystemen: elke 2-3 jaar.

Het is praktisch om deze inspectie en het preventief onderhoud tegelijk met het onderhoud aan de CV-ketel uit te voeren.

9.2 Inspectie/preventief onderhoud

- Visuele controle schade of lekkages leidingen, isolatie, opslag;
- Controle van werking pomp en regeling;
- Vervuiling van collectoren, afwatering;
- Controleren van beveiligingen;
- Controle niveau inhoud collectorcircuit (terugloop);
- Controle lucht in collectorcircuit (drukgevuld);
- Controle vuldruk, inhoud collectorcircuit (drukgevuld);
- Controle glycol: pH-waarde en vorstbescherming (drukgevuld);
- Voordruk expansievat (drukgevuld);
- Controle anode (geëmailleerd opslagvat).

9.3 Onderhoud

- Controleer conditie glycoloplossing: 2 jaar;
- Indien nodig: glycoloplossing vervangen (drukgevuld): 2-5 jaar;
- Anode vervangen (geëmailleerd opslagvat): 2-5 jaar;
- Pomp, regeling, appendages vervangen: 10-15 jaar;
- Opslagvat, isolatie, leidingen vervangen: 15-25 jaar.

9.4 Service/storingstabel

Lage druk (drukgevuuld) of te laag vulniveau (terugloop):

- Controleer op lekkages: leidingen binnen en buiten, opslagvat, pomp, collectoren intern;
- Controleer of expansievat niet te klein is, vloeistoflozing (drukgevuuld).

Opslagvat warmt niet op:

- Controleer of inhoud collectorcircuit circuleert;
- Controleer functioneren pomp, regeling;
- Controleer op lucht in collectorcircuit, druk (drukgevuuld);
- Controleer of vulniveau niet te laag is (terugloop).

Lekkage nadat systeem al een tijd in gebruik is:

- Bevriezing (drukgevuuld):
 - Controleer conditie glycoloplossing.
- Bevriezing (terugloop):
 - Controleer vulniveau collectorcircuit;
 - Controleer afschot leidingen, vervuiling;
 - Controleer collectoren waterpas;
 - Controleer instellingen regeling/pomp.

Pomp werkt niet, terwijl collector warm en opslag koud is:

- Controleer pomp en voeding;
- Controleer regeling en sensoren.

Druk collectorcircuit te hoog (drukgevuuld):

- Controleer of expansievat niet te klein is;
- Controleer of vuldruk te hoog is.

Lozingen door ontlastklep (drukgevuuld):

- Controleer afvoer op vocht en controleer werking van de klep;
- Maximaal temperatuurbeveiliging werkt niet goed.

Condens in de collector:

- In dak:
 - Controleer isolatie dakdoorvoeren, waarschijnlijk warme vochtige lucht uit woning in collector.
- Op dak/plat dak:
 - Controleer isolatie aansluitingen en leidingen.
- Vacuümbuizen:
 - Lek, geen vacuüm meer.
- Vlakke plaat:
 - Absorber leiding lek.
- In dak:
 - Controleer voldoende ventilatie tussen dakbeschot en collector.
- Vlakke plaat:
 - Controleer of beluchtingsgaatjes verstopt zijn.

Condens in één collector van een heel veld:

- Vlakke plaat:
 - Controleer doorstroming van de collectoren, leidingaansluitingen, diameter, afsluiters en dergelijke.

10 Checklist oplevering zonnearmtesystemen

Klant	
Contactpersoon	
Adres	
Installateur	
Naam monteur	
Datum	

Serienummer(s) collectoren	
Serienummer/omschrijving opslagvat	
Typeaanduiding overige onderdelen	

1	Collector		
	1.1	Plat dak/schuin dak	
	1.2	Oriëntatie collectoren	
	1.3	Opstellingshoek collectoren	
	1.4	Collectoren waterpas? (typeafhankelijk)	O Ja O Nee
	1.5	Minimale hoek toegepast? (typeafhankelijk)	O Ja O Nee
	1.6	Handvaten verwijderd?	O Ja O Nee
	1.7	Collectorvoeler aangebracht, op de juiste plaats?	O Ja O Nee
	1.8	Conditie van afdichting/isolatie?	O OK O Niet OK
	1.9	Vervuiling van het glas?	O Ja O Nee
	1.10	Beschadigingen?	O Ja O Nee
	1.11	Overige opmerkingen	
2	Hellend dak bevestigingsconstructie		

	2.1	Pannen goed aangesloten?	☐ Ja ☐ Nee
	2.2	Bevestiging goed vast?	☐ Ja ☐ Nee
	2.3	Goten vrij van bladeren etc.?	☐ Ja ☐ Nee
	2.4	Loodslabbe goed aangeklopt (afwaterend)?	☐ Ja ☐ Nee
	2.5	Conditie loodslabbe (geen scheuren)	☐ OK ☐ Niet OK
	2.6	Overige opmerkingen	
3	Plat dak opstellingsconstructie		
	3.1	Conditie van (RVS) bevestigingsmateriaal	☐ OK ☐ Niet OK
	3.2	Bevestiging goed vast (steekproef)?	☐ Ja ☐ Nee
	3.3	Frame, schoren, trekstangen	☐ OK ☐ Niet OK
	3.4	Conditie dakbedekking rondom poten	☐ OK ☐ Niet OK
	3.5	Overige opmerkingen	
4	Leidingwerk (buiten)		
	4.1	Afshot aanvoer ($\geq$ _____ %; zie ontwerpgegevens)?	☐ Ja ☐ Nee
	4.2	Afshot retour ($\geq$ _____ %; zie ontwerpgegevens)?	☐ Ja ☐ Nee
	4.3	Leidingmateriaal corrosiebestendig?	☐ Ja ☐ Nee
	4.4	Bevestiging/ophanging leidingen	☐ OK ☐ Niet OK
	4.5	Afstand tussen ophang/bevestigingspunten	☐ OK ☐ Niet OK
	4.6	Leidingisolatie	☐ OK ☐ Niet OK
	4.7	Tekenen van lekkage (bijv. bij afsluiters)	☐ OK ☐ Niet OK
	4.8	Leidingdoorvoer door dak; afwatering leiding	☐ OK ☐ Niet OK
	4.9	Conditie dakbedekking rondom dakdoorvoer	☐ OK ☐ Niet OK

	4.10	Overige opmerkingen	
5	Opslagvat		
	5.1	Appendages op de juiste plaats (zie schema)?	O Ja O Nee
	5.2	Vrije luchttoetreding naar aanvoer (terugloop)?	O Ja O Nee
	5.3	Plek aansluiting TSA (indien van toepassing)	O OK O Niet OK
	5.4	Plek aansluiting pomp (indien van toepassing)	O OK O Niet OK
	5.5	Vloeistofniveau door kijkglas (indien van toepassing)	O OK O Niet OK
	5.6	Overige opmerkingen	
6	Delta-T-regeling		
	6.1	Kabelloop collectorvoeler (niet tegen buis!)	O OK O Niet OK
	6.2	Plaats en kabelloop boilervoeler	O OK O Niet OK
	6.3	Weerstand collectorvoeler	
		Geschatte temperatuur (zie tabel, calibratie)	
	6.4	Weerstand boilervoeler	
		Geschatte temperatuur (zie tabel, calibratie)	
	6.5	Voeding aan: pomp aan?	O Ja O Nee
		Weerscondities	
	6.6	Overige opmerkingen	
7	Zonneboilervloeistof/glycoloplossing		
	7.1	Vuldruk	_____ bar
	7.2	Expansievat/voorschakelvat (juiste inhoud)	_____ l
	7.3	Expansievat/voorschakelvat (voordruk)	_____ l
	7.4	Meting vriespuntsdaling	_____ °C
	7.5	Meting zuurgraad	_____ pH
	7.6	Vervangen? Datum	
	7.7	Afvoerleiding voor zonneboilervloeistof geplaatst op het overdrukventiel?	O Ja O Nee

	7.8	Overige opmerkingen	
8	Overige regelingen		
	8.1	Extra vorstbeveiliging?	O Ja O Nee
	8.2	Extra oververhittingsbeveiliging?	O Ja O Nee
	8.3	Goede ontluchting (bij gevulde systemen)?	O Ja O Nee
	8.4	Stand/instelling van de pomp	
	8.5	Stand/instelling van overige schakelaars, kleppen, etc.	
	8.6	Overige regelorganen	
9	Naverwarming		
	9.1	Externe naverwarming conform opgave ketelfabrikant?	O Ja O Nee
10	Algemeen		
	10.1	Inlaatcombinatie aangebracht in koudwaterleiding?	O Ja O Nee
	10.2	Thermostatisch mengventiel geïnstalleerd?	O Ja O Nee
	10.3	Warmwaterleidingen geïsoleerd?	O Ja O Nee
	10.4	Flow door collectoren: temperatuur glas koel?	O Ja O Nee
	10.5	Eén collector dicht: significant hogere temperatuur van het glas (bij zonnig weer!)?	O Ja O Nee
	10.6	Overige opmerkingen	
Plaats voor opmerkingen:			
11	Toelichting aan eigenaar		
	11.1	Werking zonneboiler uitgelegd	O Ja O Nee
	11.2	Gebruikershandleiding overhandigd	O Ja O Nee
Verdere opmerkingen:			
Akkoord installateur (naam + paraaf)			
Akkoord eigenaar (naam+ paraaf)			

11 Plaatsen omvormer

11.1 Benodigde ruimte

Voor het plaatsen van de omvormer binnen moet voldoende ruimte zijn. Ook voor eventuele losse DC-schakelaars, verdeelkast, sensorkastjes, werkschakelaars en de bekabeling is ruimte nodig.

11.2 Bekabeling

De bekabeling vanaf de panelen/folie moet verbonden worden met de omvormer en de omvormer moet met het AC-net verbonden worden. Hiermee rekening houden met de opstelling van de omvormer, houd kabellengtes zo kort mogelijk!

11.3 Positie

Omvormers hebben een behoorlijk gewicht, deze kunnen niet aan elke wand opgehangen worden. Houd ook de plaatsingsvoorschriften van de fabrikant aan: recht hangen en niet te dicht naast een andere omvormer of in een te kleine ruimte: voldoende ventilatie is nodig voor koeling! De opstelling moet ook niet stoffig zijn of sterke ammoniakdamp bevatten (veestallen).

Afhankelijk van de specificaties kan een omvormer ook buiten opgehangen worden. Let wel op de specificatie: kan deze slechts beschut buiten hangen (IP44, spatwaterdicht), of ook onbeschut (IP 65, onbeschut)? Soms heeft het aansluitdeel een andere IP-klasse dan het vermogensdeel van de omvormer.

Hang omvormers nooit in de volle zon, de display raakt hierdoor beschadigd.

11.4 Bereikbaarheid

Ook na installatie moet de omvormer goed bereikbaar zijn voor eventueel onderhoud en het aflezen van meldingen.

11.5 Geluid

Afhankelijk van fabrikant, type en kwaliteit maken omvormers geluid. Meestal is het beperkt tot een zacht zoemen, maar het kan ook een doordringende piep-, zoom- of fluittoon zijn. Vaak is ook de koeling van de omvormer (indien de ventilator draait) hoorbaar.

Door het (beperkte) geluidsniveau is het beter om omvormers niet te plaatsen in ruimtes waarin gewerkt wordt. Slaapkamers zijn ook af te raden, omvormers kunnen in de zomer vaak nog/al in bedrijf zijn op tijdstippen dat mensen slapen.

11.6 Onderdelen en aandachtspunten

11.6.1 DC-schakelaar

Vanaf de panelen of PV-folie moeten de stringkabels eerst aangesloten worden op een DC-schakelaar.

De DC-schakelaar zorgt er voor dat er spanningsvrij aan de omvormer gewerkt kan worden, door de DC-voeding vanaf de modules/PV-folie te onderbreken.

Omdat de DC-schakelaar tegenwoordig meestal geïntegreerd is in de omvormer, is er geen aparte DC-schakelaar meer nodig.



Afb. 11.1 DC-schakelaar

11.6.2 Omvormer

Een omvormer heeft verschillende functies:

- Omzetten van gelijkstroom naar wisselstroom (DC -> AC);
- Continu zoeken naar de optimale combinatie stroom (I) en spanning (V), om de maximale opbrengst (W) te verkrijgen onder wisselende condities: Maximum PowerPoint Tracking;
- Uitschakelen van het systeem bij netuitval;
- Eventueel monitoring van het systeem en datalogging.

Sluit de omvormer altijd aan volgens het elektrisch aansluitschema van de leverancier, met het juiste aantal modules per string, het juiste aantal strings op de juiste omvormeraansluitingen. Controleer ook of de polariteit van de string goed is (pluskabel inderdaad op plusaansluiting en min ook?). Bij afwijking van deze specificaties werkt het systeem meestal niet of kan de omvormer beschadigd raken.

Omvormers met of zonder trafo

Veel omvormers bevatten een scheidingstransformator (trafo) maar tegenwoordig komen er ook veel transformatorloze (TL-)omvormers op de markt. In combinatie met een aantal celtypes/moduletypes kan een transformatorloze omvormer niet worden toegepast (controleer dit altijd bij de omvormerfabrikant).

Tabel 11.1 Omvormer typen

Cel/module type	Omvormer type
Mono/poly-kristallijn Silicium (Si)	Met of zonder trafo
Cadmium-Telluride (CdTe)	Alleen met trafo
Amorf Silicium (a-Si, superstraat)	Alleen met trafo
Amorf Silicium (a-Si, substraat)	Met of zonder trafo
Koper-Indium-Gallium-(di)Selenide (CIS/CIGS)	Met of zonder trafo
Mono-kristallijn Silicium (A-300, bijv. SunPower)	Alleen met trafo
Metaalfolie in substraat of moduleopbouw	Met of zonder trafo (niet alle types)

Aarding DC-circuit (plus- of minaansluiting)

Het aarden van het DC-circuit heeft een andere reden dan het aarden van de constructie (zie daarvoor 'Plaatsen van zonnestroomsysteem op het dak').

De aarding van de plus- of minaansluiting heeft te maken met de gebruikte modules of celtypes. De modulefabrikant en omvormerfabrikant geven dit aan, deze tabel geeft een indicatie.

Tabel 11.2 Aarding

Cel/module type	Aarding + of -
Mono/poly-kristallijn Silicium (Si)	Niet nodig
Cadmium-Telluride (CdTe)	(Negatieve) aarding
Amorf Silicium (a-Si, superstraat)	(Negatieve) aarding
Amorf Silicium (a-Si, substraat)	Niet nodig
Koper-Indium-Gallium-(di)Selenide (CIS/CIGS)	Niet nodig
Mono-kristallijn Silicium (A-300, bijv. SunPower)	(Positieve) aarding
Metaalfolie in substraat of moduleopbouw	Negatieve of positieve aarding

11.6.3 AC-bekabeling en aansluiting

De AC-bekabeling vanaf de omvormer naar de meterkast/verdeelkast moet voldoende gedimensioneerd worden afhankelijk van het vermogen dat de omvormer maximaal levert (zie omvormerspecificaties) en de benodigde kabellengte.

Zowel de DC- als AC-bekabeling binnen ook deugdelijk aanleggen in mantelbuis of kabelgoten. De aansluiting van het PV-systeem moet altijd op een aparte installatiegroep worden gerealiseerd. Uitgezonderd zijn kleine PV-systemen met een maximale invoedingswaarde van 2,25 A (1-fase 230V), in de praktijk tot 750 Wp.

De aanleg van de netaansluiting valt geheel onder de regelgeving van de NEN 1010.

Controleer of de netaansluiting geschikt is voor invoeding van het PV-systeem. Een 1-fase omvormer mag maximaal op een 25A groep worden aangesloten. Grotere systemen moeten over 2 of 3 fases verdeeld worden door meerdere 1-fase omvormers of een 2- of 3-fase omvormer te gebruiken.

Een eventuele kWh-meter (of brutoproduktiemeter) moet tussen de omvormer en de aansluiting op de meterkast/verdeelkast te worden gemonteerd.

De omvormer en eventueel de kWh-meter moeten spanningsvrij gemaakt kunnen worden, dus de DC-zijde (door middel van DC-schakelaar) en AC-zijde (eventueel werkschakelaar) moeten uit te schakelen zijn.

11.7 Controle op werkzaamheden

Nadat alle installatieonderdelen zijn aangebracht moet worden gecontroleerd of alle aansluitingen goed zijn aangebracht. De leverancier geeft hiervoor richtlijnen. De goede werking van een zonnestroomsysteem is vaak afhankelijk van de juiste uitvoering van details. Alvorens de installatie op te leveren is het raadzaam om de werkzaamheden systematisch te inspecteren. In hoofdstuk 13 is hiervoor een checklist 'Oplevering zonnestroomsystemen' opgenomen.

12 Monitoring, inspectie, onderhoud en service zonnestroomsystemen

12.1 Monitoring

Monitoring van zonnestroomsystemen gebeurt voornamelijk door weergave van de gegevens op de omvormerdisplay.

De gegevens van de meeste omvormers zijn ook relatief eenvoudig (tegen meerprijs) op een extra losse display te tonen.

In sommige omvormers, en in de meeste van deze extra display-units, is een datalogger geïntegreerd. Deze slaat de systeemgegevens op voor vele jaren en is vaak via een datalink op een computer aan te sluiten. Zo kunnen de gegevens worden uitgelezen en grafieken worden gemaakt. Bij grotere zonnestroomsystemen is monitoring op afstand heel gebruikelijk. De omvormers en dataopslagunit worden verbonden met het internet. Het correct functioneren van het systeem kan zo op afstand worden gecontroleerd, soms worden foutmeldingen automatisch doorgegeven via email of SMS. Ook worden vaak de zoninstraling, temperatuur en hoeveelheid wind gemeten en opgeslagen, zodat gecontroleerd kan worden of de opbrengst volgens verwachting verloopt. Het onderhoud voor zonnestroomsystemen is in het algemeen minimaal. Ook voor de bediening geldt dat dagelijkse aandacht niet nodig is.

Wanneer een zonnestroomsysteem door een storing niet functioneert, is dat niet direct merkbaar voor de gebruiker. Het systeem produceert geen elektriciteit, wat pas zichtbaar wordt bij de jaarafrekening van de elektriciteit of bij de meterstandopname. Daarom is het aan te raden om periodiek de meterstanden en correcte werking van het systeem te controleren. De meeste omvormers tonen storingsmeldingen via het display en een rood/oranje knipperend lampje. Een wekelijkse of maandelijkse controle door de gebruiker (bij voldoende zonlicht) kan storingen in een vroeg stadium aan het licht brengen.

Geadviseerde frequentie van inspectie en preventief onderhoud door de installateur is als volgt:

- Grote systemen: elke 1-2 jaar;
- Kleinere systemen: elke 2-5 jaar.

12.2 Inspectie/preventief onderhoud

- Vervuiling van modules, afwatering;
- Controle van werking omvormer, uitlezen storingsmeldingen;
- Strings doormeten;
- Filters omvormers reinigen;
- Controle overspanningsbeveiliging (na onweer);
- Controle schade aan kabels, stekkers, modules, omvormer;
- Controle van bevestigingen, beugels, klemmen (panelen);
- Controle hechting aan dakbedekking (PV-folie);
- Controle op verschuiving (losgeplaatste systemen met ballast).

12.3 Onderhoud

Jaarlijkse reiniging modules (opstelling panelen < 20°, PV-folie)

12.4 Service/storingstabel

Indien omvormer NIET opstart:

- Aansluiting plus en min DC-kabels: controleer de polariteit met een multimeter;
- DC-stekker los, kabel onderbroken, module niet aangesloten: controleer de strings: spanning van aantal modules in string moet opgeteld kloppen (zie datablad voor spanning per module);
- DC-circuit onderbroken: controleer de DC-schakelaar, stringzekeringen, overspanningsbeveiligingen;
- AC-circuit onderbroken: controleer juiste aansluiting nul, aarde en fase(s), werkschakelaar, automaat, netwerk.

Indien omvormer WEL opstart:

- Zoek foutcode op die de omvormer aangeeft in de documentatie van de fabrikant.

13 Checklist oplevering zonnestroomsysteem

Klant	
Contactpersoon	
Adres	
Installateur	
Naam monteur	
Datum	

Serienummer modules	
Serienummer omvormer(s)	
Type aanduiding overige onderdelen	

Plat dak/schuin dak		
Oriëntatie		
Hellingshoek		
Kabel DC	Diameter en type	
	Lengte	
Kabel AC	Diameter en type	
	Lengte	
Modules		
Fabrikant		
Type		
Vermogen		
Aantal		
Omvormer 1	Fabrikant	
	Type	
String 1	Aantal modules	
	Voc	
	Isc	
	Vmp	
	Imp	
	Pnom	
String 2	Aantal modules	
	Voc	
	Isc	
	Vmp	
	Imp	
	Pnom	
String 3	Aantal modules	
	Voc	
	Isc	
	Vmp	
	Imp	
	Pnom	
Netspanning	_____ Volt	

Tijdstip meting		
Weersomstandigheden		
Temperatuur		
Toelichting aan eigenaar	Werking systeem uitgelegd	☐ Ja ☐ Nee
	Gebruikershandleiding overhandigd	☐ Ja ☐ Nee
Verdere opmerkingen:		
Akkoord installateur (naam + paraaf)		
Akkoord eigenaar (naam+ paraaf)		

Colofon

Het Kleintje Zonne-energie is opgesteld door:
 ir. S.J. Zijlmans ZEN (rapporteur) ZEN Renewables
 ing. A.H.P. Derksen (eindredacteur) ISSO

Lezersgroep:
 H. Keijser VBK Solar Services
 P. Verkaik BDA Dak- en gevelopleidingen

De realisatie van deze ISSO-uitgave is mede mogelijk gemaakt door een financiële bijdrage van:



© Stichting ISSO - Rotterdam, maart 2013