

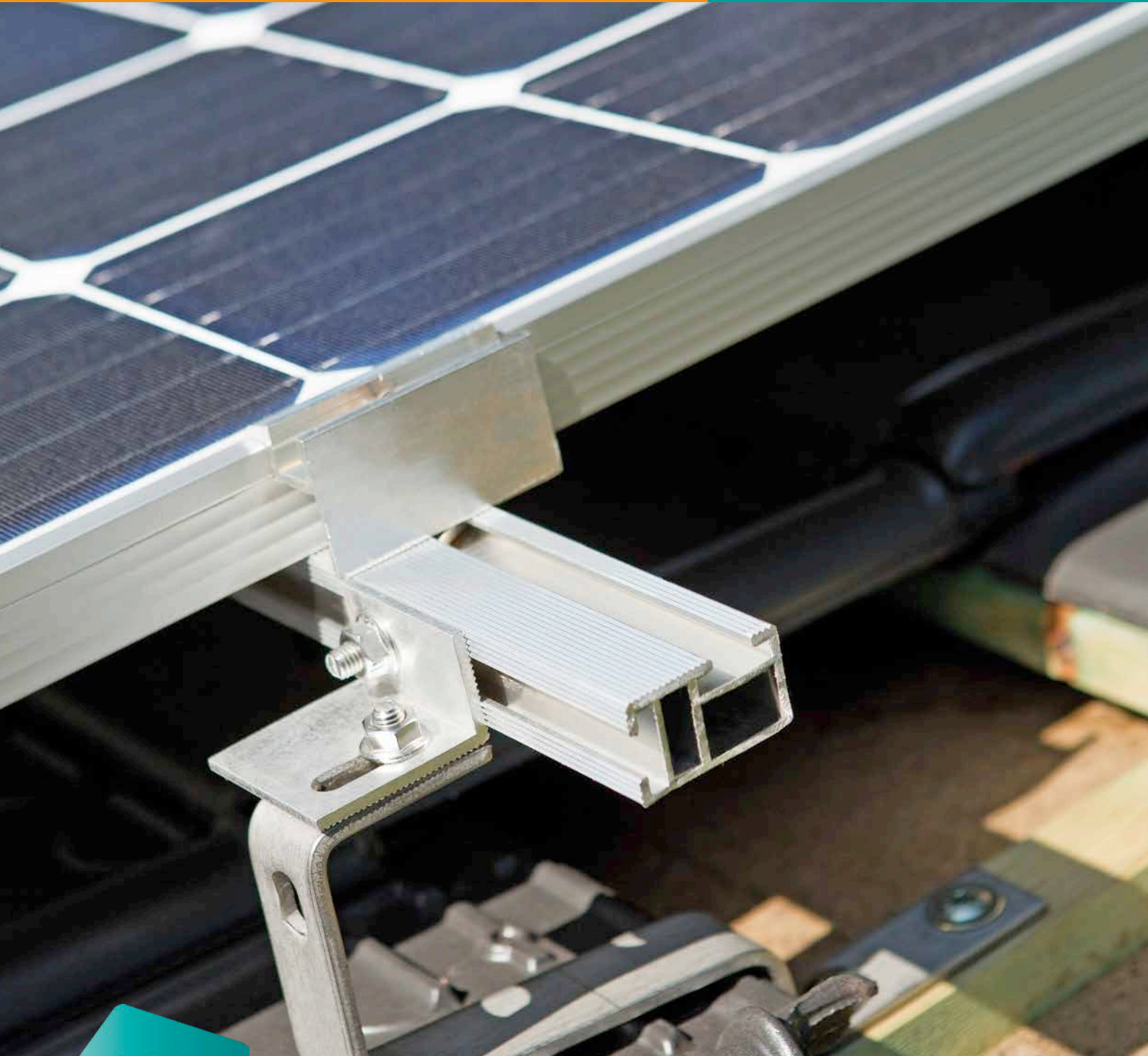


# TECHNISCHE VOORLICHTING

Nr. 263

EEN UITGAVE VAN HET WETENSCHAPPELIJK EN TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF

December 2017



## Montage van zonnepanelen op hellende daken





## Montage van zonnepanelen op hellende daken

Voorliggende Technische Voorlichting werd opgesteld door een werkgroep, opgericht in de schoot van het Technisch Comité Dakbedekkingen.

### Samenstelling van de werkgroep

|              |                                     |
|--------------|-------------------------------------|
| <b>Leden</b> | S. Daelman (Eternit)                |
|              | T. De Beleyr (Volta)                |
|              | S. Dewallef (Soltech)               |
|              | Y.-M. Dron (Toitures Dron)          |
|              | E. Dupont (WTCB)                    |
|              | A. Fank (RMB-Box)                   |
|              | C. Jacobs (Volta)                   |
|              | J. Lemmens (Velux)                  |
|              | M. Lesenfants (Toitures Lesenfants) |
|              | P. Leture (Kloeber)                 |
|              | S. Peeters (Eliosys)                |
|              | L. Spincemaille (Eternit)           |
|              | W. Stinissen (Volta)                |
|              | S. Terry (Koramic)                  |
|              | E. Torfs (Volta)                    |
|              | W. Verbeeck (Ejot)                  |

**Ingenieurs-animatoren** X. Kuborn (WTCB) en P. Van den Bossche (WTCB)

### Hebben eveneens hun medewerking verleend aan de opstelling van dit document:

D. Langendries (WTCB), Y. Martin (WTCB), M. Peeters (Doerken), G. Pierrard (Toiture Pierrard), F. Quist (Recma), P. Steenhoudt (WTCB) en G. Zarmati (WTCB).



#### WETENSCHAPPELIJK EN TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF

WTCB, inrichting erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947  
Maatschappelijke zetel: Lombardstraat 42 te 1000 Brussel

Dit is een publicatie van wetenschappelijke aard. De bedoeling ervan is de resultaten van het bouwonderzoek uit binnen- en buitenland te helpen verspreiden.

Het, zelfs gedeeltelijk, overnemen of vertalen van de tekst van deze Technische Voorlichting is slechts toegestaan na schriftelijk akkoord van de verantwoordelijke uitgever.

# Inhoud

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | INLEIDING – TERMINOLOGIE .....  | 5  |
| 2     | ENERGETISCHE ASPECTEN .....   | 7  |
| 2.1   | Oriëntatie van de zonnepanelen .....                                      | 7  |
| 2.2   | Helling van de zonnepanelen .....   | 7  |
| 2.3   | Beschaduwning van de zonnepanelen .....                                   | 7  |
| 2.4   | Ventilatie aan de onderzijde van zonnepanelen .....                       | 8  |
| 3     | INVENTARIS VAN DE MONTAGETECHNIKEN .....                                  | 9  |
| 3.1   | Plaatsing bovenop de dakbedekking .....                                   | 9  |
| 3.2   | Integratie in de dakbedekking .....                                       | 10 |
| 3.3   | Semi-integratie in de dakbedekking .....                                  | 11 |
| 3.4   | Voor- en nadelen van de verschillende technieken .....                    | 11 |
| 4     | IMPACT VAN DE ZONNEPANELEN OP HET GEBOUW .....                            | 13 |
| 4.1   | Mechanische sterkte en stabiliteit .....                                  | 13 |
| 4.2   | Brandveiligheid .....   | 14 |
| 4.3   | Hygiëne, gezondheid en milieu .....                                       | 15 |
| 4.4   | Gebruiksveiligheid en toegankelijkheid .....                              | 15 |
| 4.4.1 | Gebruiksveiligheid: bliksem en overspanningen .....                       | 15 |
| 4.4.2 | Toegankelijkheid .....  | 15 |
| 4.4.3 | Inspectie en onderhoud .....  | 16 |
| 4.4.4 | Bescherming tegen diefstal .....  | 16 |
| 4.5   | Geluidswering .....   | 16 |
| 4.6   | Energiezuinigheid en thermische isolatie .....                            | 16 |
| 4.7   | Duurzaam grondstoffengebruik .....  | 17 |
| 4.8   | Integriteit van het dak en de dakdetails .....                            | 17 |
| 4.8.1 | Dak .....   | 17 |
| 4.8.2 | Invloed van de zonnepanelen op hygrothermisch vlak .....                  | 17 |
| 4.8.3 | Dakdetails .....  | 18 |
| 5     | UITVOERING .....  | 19 |
| 5.1   | Mechanische bevestiging van zonnepanelen bovenop de dakbedekking .....    | 19 |
| 5.1.1 | Dakbedekkingen uit golfplaten of geprofileerde platen .....               | 20 |
| 5.1.2 | Dakbedekkingen met pannen of leien .....                                  | 21 |
| 5.1.3 | Dakbedekkingen uit zink met staande naden .....                           | 29 |
| 5.1.4 | Sarkingdaken .....  | 30 |
| 5.1.5 | Afstand tussen de rails van de tussenconstructie en de dakbedekking ..... | 31 |
| 5.2   | Montage door integratie in dakbedekkingen met pannen of leien .....       | 31 |
| 5.2.1 | Positionering van de zonnepanelen in het dak .....                        | 31 |
| 5.2.2 | Mechanische bevestiging .....   | 32 |
| 5.2.3 | Afdichting .....  | 33 |
| 5.2.4 | Aansluitingen tussen de dakbedekking en de zonnepanelen .....             | 34 |
| 5.3   | Doorvoer van kabels en leidingen .....                                    | 39 |
| 5.3.1 | Doorboring van de dakbedekking .....                                      | 40 |
| 5.3.2 | Doorboring van het onderdak .....   | 41 |
| 5.3.3 | Doorboring van de isolatie .....  | 41 |
| 5.3.4 | Doorboring van het damp scherm .....                                      | 41 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 6     | KEUZE VAN DE MATERIALEN .....  | 43 |
| 6.1   | Verschillende beschadigingswijzen .....                              | 43 |
| 6.1.1 | Ultraviolette zonnestraling .....                                    | 43 |
| 6.1.2 | Mechanische aantasting .....   | 43 |
| 6.1.3 | Corrosie van metalen .....   | 44 |
| 6.1.4 | Galvanische corrosie .....   | 44 |
| 6.1.5 | Thermische uitzetting en scheurvorming .....                         | 44 |
| 6.2   | Keuze van de materialen .....  | 44 |
| 6.2.1 | Haken .....  | 44 |
| 6.2.2 | Schroefwerk voor de haken .....                                      | 45 |
| 6.2.3 | Dichtingsprofielen .....   | 45 |
| 7     | BEHEER VAN HET PROJECT .....   | 47 |
| 7.1   | Haalbaarheidsstudie .....  | 47 |
| 7.2   | Montage op het dak .....   | 48 |
| 7.3   | Postinterventiedossier .....   | 48 |
| 7.4   | Toegankelijkheid van het dak .....                                   | 48 |
| 7.5   | Demontage en vervanging van de zonnepanelen .....                    | 48 |
| 7.5.1 | Plaatsing bovenop de dakbedekking .....                              | 48 |
| 7.5.2 | Integratie in de dakbedekking .....                                  | 49 |
| 7.6   | Andere aandachtspunten .....   | 49 |
| 7.6.1 | Recyclage van de fotovoltaïsche panelen .....                        | 49 |
| 7.6.2 | Manipulatie van fotovoltaïsche panelen .....                         | 49 |
| 7.6.3 | Planning van de bouwplaats .....                                     | 50 |
| 7.6.4 | Inspectie van de zonne-installatie .....                             | 51 |
| 7.6.5 | Onderhoud van de installatie .....                                   | 51 |
| 7.6.6 | Reiniging van de installatie .....                                   | 51 |
|       | Bijlage Plaatsbeschrijving van het dak en de zonne-installatie ..... | 53 |
|       | Literatuurlijst .....  | 55 |



# 1

## INLEIDING – TERMINOLOGIE

De montage van zonnepanelen op het dak zorgt ervoor dat het dak een bijkomende energieproducerende functie krijgt. De als hernieuwbaar beschouwde zonne-energie kan door middel van fotovoltaïsche panelen omgevormd worden in elektriciteit enerzijds en door middel van zonnecollectoren in warmte anderzijds (afbeelding 1).

De aanwezigheid van de zonnepanelen mag de hoofdfunctie van het dak – de duurzame bescherming van het gebouw en zijn gebruikers tegen de weersinvloeden – echter niet in het gedrang brengen. Daarom moet de montagetechniek van de zonnepanelen aangepast zijn aan de bouwtechniek van het dak. Een voorafgaand onderzoek van het dak laat toe om de dakstructuur en de dakopbouw te bepalen, eventuele gebreken op te sporen en hieraan te verhelpen vóór de montage van de zonnepanelen. Dankzij dit onderzoek kan men eveneens de resterende levensduur van het dak inschatten. Deze moet groter zijn dan de levensduur van de zonne-installatie (minstens 20 jaar).

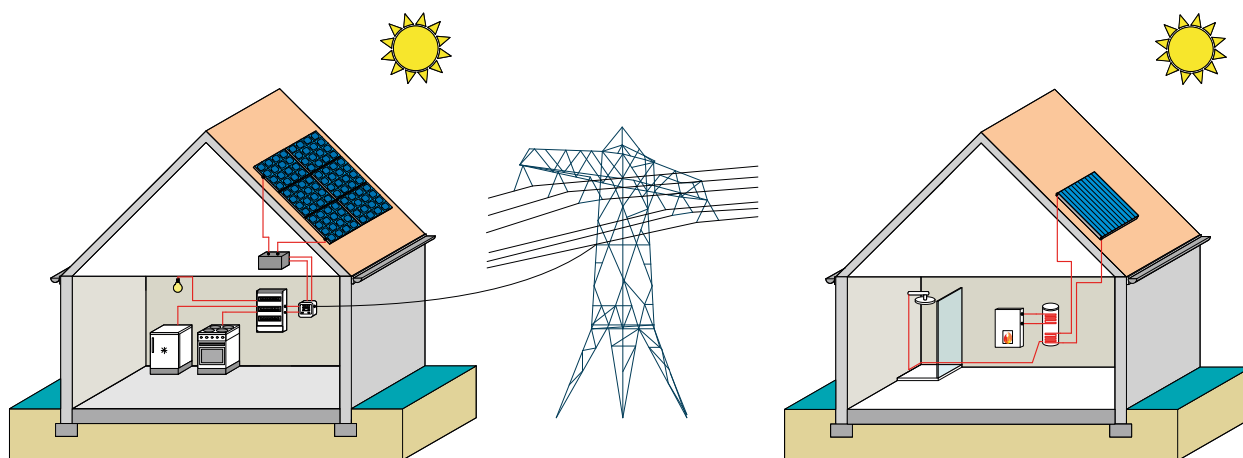
De keuze voor een geschikte montagetechniek, voor kwaliteitsvolle materialen die aangepast zijn aan de bouwplaatsomstandigheden en voor een onberispelijke uitvoering zijn essentieel om de duurzaamheid van de zonne-installatie, het dak en het gebouw te waarborgen. De uitvoering van

deze taken vereist een aantal competenties die specifiek zijn voor het beroep van dakdekker.

Deze Technische Voorlichting (TV) heeft als oogmerk om concrete oplossingen aan te reiken voor de montage van zonnepanelen op hellende daken en dit, zowel bij nieuwbouw als bij renovatie. Ze is van toepassing op daken waarvan de helling begrepen is tussen 15° en 75° <sup>(1)</sup> en op de meest voorkomende types dakbedekkingen: golfplaten, pannen, leien en zinkbanen met staande naden.

In deze TV wordt voornamelijk ingegaan op de aanpassingen die aan de dakbedekkingselementen doorgevoerd moeten worden om te komen tot een goede bevestiging en afdichting van de zonne-installaties. Bijgevolg vallen zonnepanelen die rechtstreeks in een dakbedekkingselement geïntegreerd zijn en zonne-installaties die de dakbedekking volledig vervangen buiten het bestek van dit document.

Voor bijkomende informatie over het ontwerp van fotovoltaïsche zonne-installaties verwijzen we naar de Technische Voorlichting Elektriciteit van Volta [14]. Voor meer informatie over het ontwerp van zonneboilers kan de geïnteresseerde lezer terecht in de [Technische Voorlichting nr. 212](#) van het WTCB [18].



Afb. 1 Dankzij zonnepanelen kan een gebouw elektriciteit en/of warmte produceren.

<sup>(1)</sup> Onder 15° wordt het dak beschouwd als plat. Een wand met een helling van meer dan 75° wordt beschouwd als een gevel.

## Terminologie

### Dakbedekking

Geheel van elementen dat de regendichtheid van een hellend dak waarborgt.

### Dakopbouw

Geheel van elementen waaruit een modern dak opgebouwd is: dakbedekking, onderdak, thermische isolatie, damp scherm en binnenafwerking.

### Daktimmerwerk

Structuur uit hout, metaal of beton die de isolatie en de dakbedekking ondersteunt.

### Fotovoltaïsch paneel

Zonnepaneel dat bestemd is voor de elektriciteitsproductie.

### Hoger/lager gelegen dakdelen

Rekening houdend met de natuurlijke afstromingsrichting van het water op het dak, wordt dit gezegd van een element dat zich hoger of lager dan een ander element bevindt.

### Montage van zonnepanelen

Uitvoering van zonnepanelen op een dak.

### Onderzijde van een zonnepaneel

Oppervlak van een zonnepaneel dat zich aan de tegenovergestelde zijde van het zonontvangende oppervlak bevindt.

### Tussenconstructie

Constructie die de verbinding tussen de zonnepanelen en het dak verzekert (bv. rails en haken).

### Vervangingselement

Bij een montage door semi-integratie in het dak gaat het om een element dat één of meerdere dakbedekkingselementen vervangt en de regendichtheid verzekert.

### Zonnecollector

Zonnepaneel dat bestemd is voor de warmteproductie.

### Zonnepaneel

Hulpmiddel dat dient om de zonnestraling op te vangen met het oog op de energieproductie.

### Zonontvangend oppervlak van een zonnepaneel

Oppervlak van een zonnepaneel dat bestemd is om de zonnestraling op te vangen.



# 2

## ENERGETISCHE ASPECTEN

Er zijn verschillende parameters die de gekozen plaatsingswijze van een zonne-installatie op een dak kunnen beïnvloeden. Het doel is vaak om het energieverbruik van het gebouw te doen dalen. Voor sommigen is ook het ecologische aspect van belang, evenals de voldoening om zelf producent van hernieuwbare energie te worden.

Het is in elk geval belangrijk om het energetische rendement van de zonne-installatie te maximaliseren, d.w.z. om het ter plaatse door de bezonning gegenereerde energieproductiepotentieel zoveel mogelijk te exploiteren (zie hiervoor de website [www.ef4.be](http://www.ef4.be) – enkel beschikbaar in het Frans). In het vervolg van deze tekst zullen enkel de energetische aspecten die verband houden met de montage van de zonnepanelen op het dak aan bod komen:

- de oriëntatie van de zonnepanelen
- de helling van de zonnepanelen
- de beschaduwing van de zonnepanelen
- de ventilatie aan de onderzijde van de zonnepanelen.

De eerste drie parameters beïnvloeden de energieproductie door de hoeveelheid invallende zonnestraling die de zonnepanelen bereikt.

De ventilatie aan de onderzijde laat voor fotovoltaïsche panelen toe om hun opwarming (en de negatieve weerslag hiervan op het rendement) te beperken.

### 2.1 ORIËNTATIE VAN DE ZONNEPANELEN

De zonnepanelen – of het nu gaat om zonnecollectoren of fotovoltaïsche panelen – zouden bij voorkeur een zuidelijke oriëntatie moeten hebben. Het strekt bijgevolg tot aanbeveling om ze te installeren op een dakschild dat zoveel mogelijk naar het zuiden gericht is.

In vergelijking tot bij een zuidelijke oriëntatie bedragen de opbrengstverliezen bij een zuidoostelijke en een zuidwestelijke oriëntatie maximum 5 %. Indien de zonnepanelen naar het oosten of het westen gericht zijn, dan kunnen deze verliezen oplopen tot meer dan 15 %. De invloed van de oriëntatie op het rendement is dus niet lineair. Een kleine afwijking van het zuiden blijft quasi zonder gevolgen, terwijl een grotere afwijking de productie sterk in het gedrang kan brengen.

### 2.2 HELLING VAN DE ZONNEPANELEN

De optimale helling van de zonnepanelen is afhankelijk van het nagestreefde doel. Voor fotovoltaïsche panelen streeft men er gewoonlijk naar om de jaarlijkse energieproductie te maximaliseren. In dat geval is de optimale helling in België begrepen tussen 30 en 35°. Preciezere waarden in functie van de exacte positie van de installatie zijn beschikbaar via de website <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>. Voor zonnecollectoren die bestemd zijn voor de productie van sanitair warm water is de bezonning in de regel overmatig in de zomer en ontoereikend in de winter. In dat geval is het interessant om de zonnepanelen een grotere helling (tussen 40 en 45°) te geven teneinde de invallende zonnestraling in de winter te maximaliseren. Voor zonnecollectoren die bestemd zijn voor de verwarming van gebouwen, mag de hellingshoek nog groter zijn, aangezien de verwarmingsbehoeften in de zomer verwaarloosbaar zijn. Het omgekeerde is waar voor zonnecollectoren die bestemd zijn voor de verwarming van het zwembadwater in de zomer. In voorkomend geval zijn de verwarmingsbehoeften in de winter nihil. Dergelijke collectoren kunnen eventueel volledig horizontaal geplaatst worden.

Omwille van esthetische redenen worden zonnepanelen gewoonlijk in het dakvlak geïnstalleerd. In België bedraagt de dakhelling doorgaans zo'n 40°, wat de aanbevolen waarden voor de productie van elektriciteit en sanitair warm water benadert. Het is bijgevolg niet nodig en ook niet wenselijk om specifieke maatregelen te treffen teneinde de helling van de zonnepanelen ten opzichte van de dakhelling te corrigeren.

### 2.3 BESCHADUWING VAN DE ZONNEPANELEN

De beschaduwing zorgt ervoor dat de rechtstreekse zonnestraling de zonnepanelen niet kan bereiken, wat uiteraard een negatieve weerslag heeft op hun opbrengst. Dit effect is moeilijk te becijferen, aangezien sommige zonnepanelen gevoeliger zijn dan andere voor het diffuse licht dat hen ondanks de beschaduwing bereikt. Verder bestaan er bepaalde technologieën die toelaten om de gebeurlijke beschaduwing correct te beheersen, terwijl dit bij andere technologieën helemaal niet het geval is.

Voor zonnecollectoren is de vermindering van de productie globaal genomen proportioneel met het percentage van het zonontvangende oppervlak dat beschaduwd wordt. In geval van vorst kunnen zonnecollectorinstallaties die werken volgens het terugloopsysteem een gemiddelde temperatuur van meer dan 20 °C vertonen, terwijl de temperatuur van de beschaduwde zone onder het vriespunt ligt. In dergelijke omstandigheden zal de automatische terugloop van de warmtetransporterende vloeistof (water zonder glycol) niet langer gewaarborgd zijn, vermits de gemeten temperatuur zo'n 20 °C bedraagt. De vloeistof kan bijgevolg plaatselijk bevriezen en de collector beschadigen.

Voor fotovoltaïsche panelen kan het productieverlies veel groter zijn dan het percentage beschaduwde oppervlakte. De door de beschaduwing teweeggebrachte verliezen kunnen echter sterk ingeperkt worden door een weldoordachte keuze van het type fotovoltaïsche cellen, het aansluitingsschema van de panelen en het type omvormer. Voor meer informatie hieromtrent verwijzen we naar de publicatie van Volta [14].

De beschaduwing kan teweeggebracht worden door naburige gebouwen, bomen of andere obstakels. Ze kan eveneens afkomstig zijn van dakelementen, zoals schoorstenen of dakkapellen. Naargelang van het geval, het uur van de dag en de periode van het jaar kan er een schaduw geworpen worden op het volledige dak of enkel op een klein deel ervan. Er bestaat specifieke ontwerpsoftware voor gebouwen waarmee het mogelijk is om deze beschaduwing in te schatten. Andere technieken staan beschreven in het voormelde naslagwerk van Volta [14].

## 2.4 VENTILATIE AAN DE ONDERZIJDE VAN ZONNEPANELEN

De manier waarop de zonnepanelen op het hellende dak gemonteerd zijn, beïnvloedt de mate waarin hun niet-blootgestelde zijde (d.w.z. de zijde die tegen het dak gelegen is) geventileerd kan worden. Naargelang van het type en de technologie van de zonnepanelen, kan deze ventilatie een voordeel of een nadeel zijn. Zonnecollectoren zijn thermisch geïsoleerd om de warmteverliezen naar de atmosfeer te minimaliseren. Een specifieke ventilatie aan hun onderzijde is bijgevolg niet wenselijk, zelfs indien de invloed hiervan op het rendement verwaarloosbaar blijft, gelet op hun isolatieniveau. Het rendement van fotovoltaïsche panelen vermindert naarmate hun temperatuur toeneemt. Een ventilatie aan hun onderzijde is dan ook gunstig, aangezien dit kan zorgen voor een betere dissipatie van de warmte. Een montage door plaatsing bovenop de dakbedekking (zie § 3.1, p. 9) levert uiteraard een maximale ventilatie op. Bij een montage door integratie in de dakbedekking (zie § 3.2, p. 10) dient men toe te zien op een goede luchtcirculatie tussen de onderzijde van de zonnepanelen en het onderdak. Dit kan bewerkstelligd worden door de zonnepanelen op tengellatten te plaatsen. De hoeveelheid energie die op jaarbasis geproduceerd wordt door een systeem dat bovenop de dakbedekking geplaatst is, zal lichtjes hoger zijn dan deze die gegenereerd wordt door een systeem dat geïntegreerd is in de dakbedekking. Uit studies [9] [13] is gebleken dat dit verschil doorgaans niet groter is dan 5 %.

# 3

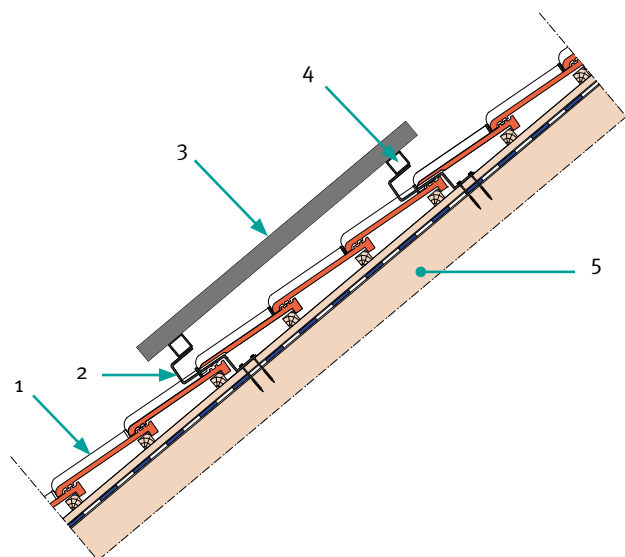
## INVENTARIS VAN DE MONTAGETECHNIEKEN

Zonnepanelen worden in de regel op één van de volgende drie manieren op hellende daken gemonteerd:

- door plaatsing bovenop de dakbedekking
- door integratie in de dakbedekking
- door semi-integratie in de dakbedekking.

### 3.1 PLAATSING BOVENOP DE DAKBEDEK- KING

In dit geval worden de zonnepanelen gewoon bovenop de dakbedekking geplaatst en hebben ze geen regendichtingsfunctie te vervullen. Ze worden doorgaans gemonteerd op metalen rails die op hun beurt stevig aan het daktimmerwerk bevestigd worden met behulp van specifieke elementen (bv. deuvels, haken) waarvan de vorm en de afmetingen aangepast zijn aan de bouwplaatsomstandigheden. De panelen worden gewoonlijk aangebracht op een afstand van zo'n 5 à 15 cm van de dakbedekking.



- |                            |                  |
|----------------------------|------------------|
| 1. Dakbedekking met pannen | 4. Metalen rail  |
| 2. Bevestigingshaak        | 5. Daktimmerwerk |
| 3. Zonnepaneel             |                  |

Afb. 2 Montage door plaatsing bovenop de dakbedekking.

In afbeelding 2 is een prinseschema voorgesteld. In de afbeeldingen 3 en 4 zijn enkele illustratieve foto's opgenomen.



Afb. 3 Bovenop de dakbedekking geplaatste fotovoltaïsche panelen.



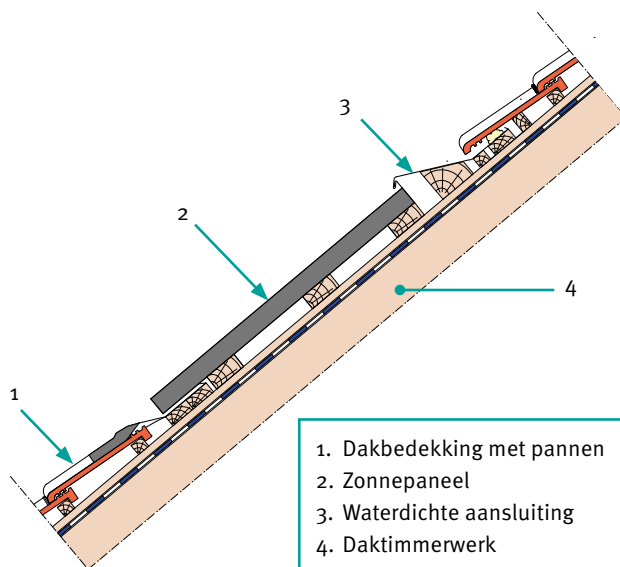
Afb. 4 Bovenop de dakbedekking geplaatste zonnecollectoren.

### 3.2 INTEGRATIE IN DE DAKBEDEKKING

In dit geval wordt een deel van de dakbedekking vervangen door een systeem van vlakke zonnepanelen en hun waterdichte aansluitingen. De functies (bv. regendichtheid) en prestaties (bv. duurzaamheid) van dit systeem moeten vergelijkbaar zijn met of beter zijn dan deze van de dakbedekkings-elementen die het vervangt. De waterdichte aansluitingen tussen het systeem en de dakbedekking moeten aangepast zijn aan het type dakbedekking.

In afbeelding 5 is een prinseschema voorgesteld. In de afbeeldingen 6 en 7 zijn enkele illustratieve foto's opgenomen.

Afbeelding 8 toont enerzijds een aantal zonnepanelen die geïntegreerd werden in de dakbedekkings-elementen en anderzijds een algemeen zicht op een dak dat uitgerust is met dergelijke elementen.



Afb. 5 Montage door integratie in de dakbedekking.



Afb. 6 In de dakbedekking geïntegreerde fotovoltaïsche panelen.



Afb. 7 In de dakbedekking geïntegreerde zonnecollectoren.



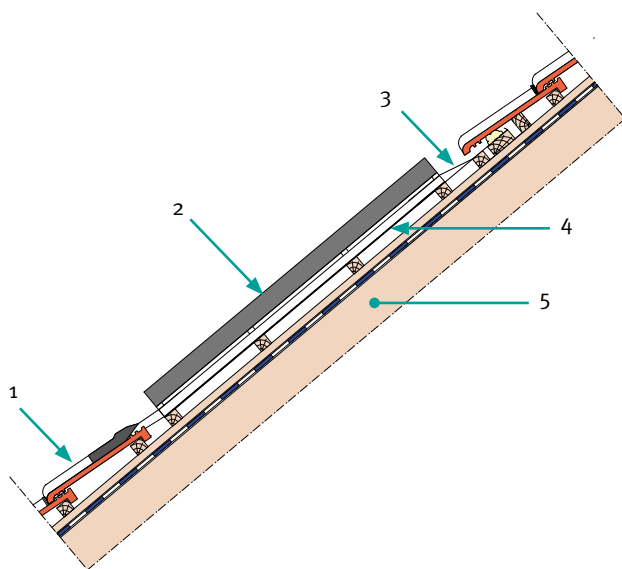
Afb. 8 Zonnepanelen die geïntegreerd werden in de dakbedekkings-elementen en algemeen zicht op een fotovoltaïsche installatie die geïntegreerd werd in een dak.



### 3.3 SEMI-INTEGRATIE IN DE DAKBEDEK- KING

In dit geval wordt een deel van de dakbedekking vervangen door onder de zonnepanelen aangebrachte vervangingselementen en hun waterdichte aansluitingen, waarvan de functies (bv. regendichtheid) en prestaties (bv. duurzaamheid) vergelijkbaar moeten zijn met of beter moeten zijn dan deze van het dak. De zonnepanelen worden op de vervangingselementen bevestigd met een specifiek systeem en hebben geen regendichtingsfunctie te vervullen.

In afbeelding 9 is een principeschema voorgesteld. In afbeelding 10 is er een illustratieve foto opgenomen.



- |                            |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| 1. Dakbedekking met pannen | 4. Vervangingselement |
| 2. Zonnepaneel             | 5. Daktimmerwerk      |
| 3. Waterdichte aansluiting |                       |

Afb. 9 Montage door semi-integratie in de dakbedekking.



Afb. 10 Montage van fotovoltaïsche panelen door semi-integratie in de dakbedekking.

### 3.4 VOOR- EN NADELEN VAN DE VERSCHILLENDE TECHNIEKEN

Elke montagetechniek heeft zijn eigen karakteristieken die naargelang van de projectomstandigheden als voor- of nadelen beschouwd kunnen worden. Hieronder worden voor elke techniek een aantal van deze specificiteiten toegelicht.

De **montage door plaatsing bovenop de dakbedekking** vergt slechts weinig ingrepen aan de bestaande dakbedekking die haar dichtingsfunctie tijdens de werken blijft behouden. De plaatsing van de haken moet gebeuren volgens de regels van de kunst om de integriteit en de duurzaamheid van de dakbedekking niet in het gedrang te brengen. De ruimten tussen de zonnepanelen en de omtrek van de zonne-installatie moeten open gelaten worden om de goede luchtcirculatie veilig te stellen.

Bij een **montage door integratie of semi-integratie in de dakbedekking** blijft de visuele impact van de panelen op het dak beperkt. Aangezien de zonne-installatie in dit geval de regendichtingsfunctie van de dakbedekking overneemt, dient men de duurzaamheid ervan te verzekeren door te opteren voor kwaliteitsvolle materialen en een verzorgde uitvoering. Hoewel een montage door integratie of semi-integratie geenszins uitgesloten is op een bestaand dak, is deze techniek toch interessanter op nieuwe of te renoveren daken. In deze gevallen is het immers mogelijk om sterk te besparen op de dakbedekkingsmaterialen en hun plaatsing. Bij een montage door integratie zullen de omtrek van de zonnepanelen en de ruimten tussen de zonnepanelen redelijk gesloten zijn, wat de luchtcirculatie beperkt. Bij een montage door semi-integratie zal de luchtcirculatie rondom de zonnepanelen vergelijkbaar zijn met deze die optreedt bij een montage door plaatsing bovenop de dakbedekking.

Een **montage door integratie in de dakbedekking** wordt voornamelijk uitgevoerd uit esthetische overwegingen. Door deze manier van werken kan men er immers voor zorgen dat het oppervlak van de zonnepanelen minder uit het dakvlak uitsteekt. Deze montagetechniek wordt veelvuldig toegepast voor zonnecollectoren, maar is eerder zeldzaam voor fotovoltaïsche panelen. In theorie kan ze gebruikt worden bij alle dakbedekkingstypes. In de praktijk wordt ze echter bijna uitsluitend aangewend op dakbedekkingen met pannen of leien.





# 4

## IMPACT VAN DE ZONNEPANELEN OP HET GEBOUW

De zonnepanelen, hun bevestigingsmiddelen en hun afdichting maken een integrerend deel uit van het gebouw waarop ze gemonteerd zijn. Hun aanwezigheid mag geen afbreuk doen aan de fundamentele voorschriften inzake:

- mechanische sterkte en stabiliteit
- brandveiligheid
- hygiëne, gezondheid en milieu
- gebruiksveiligheid en toegankelijkheid
- geluidswering
- energiezuinigheid en thermische isolatie
- duurzaam grondstoffengebruik

waaraan het gebouw moet voldoen om gedurende een economisch redelijke levensduur geschikt te zijn voor het voorziene gebruik (onder voorbehoud van een normaal onderhoud).

De zonnepanelen, hun bevestigingsmiddelen en hun afdichting mogen evenmin de integriteit van het dak (bv. regen-dichtheid) in het gedrang brengen of afbreuk doen aan de prestaties ervan (bv. warmte-isolatieniveau).

### 4.1 MECHANISCHE STERKTE EN STABILITEIT

De zonnepanelen staan bloot aan mechanische belastingen waartegen hun bevestigingsmiddelen weerstand moeten kunnen bieden. Deze belastingen omvatten:

- de windwerking, die loodrecht op het vlak van de zonnepanelen aangrijpt (in over- of onderdruk)
- het eigengewicht van de zonnepanelen, dat aangrijpt in verticale richting (naar onderen)
- het gewicht van de sneeuw, dat aangrijpt in verticale richting (naar onderen).

De bevestigingsmiddelen geven deze belastingen door aan het daktimmerwerk, dat in staat moet zijn om deze belastingen op te nemen zonder overmatig te vervormen en zonder te bezwijken. Bij de dimensionering van het daktimmerwerk wordt er normaalgesproken rekening gehouden met de wind- en sneeuwbelastingen.

De aanwezigheid van de zonnepanelen gaat niet gepaard met een toename van de globale sneeuwbelasting. Ze vertonen echter wel een gladder oppervlak dan de dakbedekking,



Afb. 11 Ophoping van sneeuw aan de onderrand van de zonnepanelen.

zodanig dat de sneeuw de neiging zal hebben om naar hun onderrand te schuiven en zich aldaar kan ophopen. Dit fenomeen is voorgesteld in afbeelding 11.

Door toedoen van vorst-dooicycli kan de dichtheid van de opgehoopte sneeuw sterk toenemen, wat kan leiden tot een vervorming van het bevestigingssysteem en een beschadiging van de dakbedekkingselementen en de regenwaterafvoervoorzieningen.

De aanwezigheid van de zonnepanelen gaat niet gepaard met een toename van de globale windbelasting in overdruk op het dak. Ze leidt daarentegen wel tot een aanzienlijke toename van de globale windbelasting in onderdruk wanneer de zonnepanelen gemonteerd zijn door plaatsing bovenop de dakbedekking. Deze belasting is echter niet groot genoeg om stabiliteitsproblemen op het dak te doen ontstaan. De wind kan niettemin aanleiding geven tot het losrukken van de zonnepanelen en zodoende de veiligheid van de personen die in de nabijheid rondlopen in het gedrang brengen en schade berokkenen aan het dak en de naburige gebouwen.

De bevestigingsmiddelen van de zonnepanelen in het daktimmerwerk moeten zodanig gedimensioneerd worden dat de elementen niet losgerukt kunnen worden. Op de WTCB-website (rubriek 'Rekentools') staat een **rekenmodule** ter beschikking waarmee het mogelijk is deze dimensionering uit te voeren.

Enkel het eigengewicht van de zonne-installatie wordt niet van bij het begin in rekening gebracht bij de dimensionering van het daktimmerwerk. De toevoeging van een dergelijke installatie op een klassiek daktimmerwerk dat in goede staat verkeert, zal dus zelden aanleiding geven tot problemen. Bij een montage door integratie in de dakbedekking dient men eveneens het gewicht van de door de zonnepanelen vervangen dakbedekkingsselementen in mindering te brengen.

De volgende gevallen vergen bijzondere aandacht:

- wanneer het dak sporen van ouderdom of verzakking vertoont
- wanneer het dak over een beperkt draagvermogen beschikt (bv. licht industrieel dak)
- wanneer het gaat om een zonneboiler met thermosifonwerking (zie afbeelding 12).



Afb. 12 Voorbeeld van een zonneboiler met thermosifonwerking.

#### Schatting van het gewicht van de zonnepanelen

Het gewicht van fotovoltaïsche panelen is doorgaans begrepen tussen 11 en 13 kg/m<sup>2</sup>.

Vlakke of buisvormige zonnecollectoren zijn gewoonlijk iets zwaarder, met een gewicht dat begrepen is tussen 15 en 25 kg/m<sup>2</sup>.

Bepaalde zonnecollectoren met thermosifonwerking zijn voorzien van een warmwaterreservoir (zie afbeelding 12) waarvan het volume begrepen is tussen 50 en 100 liter water per m<sup>2</sup> zonontvangende oppervlakte. Aan het gewicht in lege toestand van 50 kg/m<sup>2</sup> dient men het gewicht van het opgeslagen water toe te voegen. Zodoende komt men tot een totaal van 100 à 150 kg/m<sup>2</sup>. Deze systemen komen vaak voor in zones met een warm klimaat. In België zijn ze eerder zeldzaam.

## 4.2 BRANDVEILIGHEID

De aanwezigheid van zonnepanelen, of het nu gaat om zonnecollectoren dan wel om fotovoltaïsche panelen, kan de brandprestaties van het dak waarop ze geïnstalleerd zijn wijzigen.

Deze karakteristieken staan beschreven in de huidige regelgeving, onder meer in het Koninklijk Besluit van 7 juli 1994 en zijn wijzigingen (1997, 2003, 2007, 2009, 2012) tot vaststelling van de basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing waaraan de nieuwe gebouwen moeten voldoen [11]. Dit Besluit heeft betrekking op alle nieuwe gebouwen, met uitzondering van eengezinswoningen en gebouwen met hoogstens twee verdiepingen en een totale oppervlakte kleiner dan of gelijk aan 100 m<sup>2</sup>.

De zonnepanelen kunnen een invloed uitoefenen op drie karakteristieken van de daken van gebouwen die aan de brandveiligheidseisen moeten voldoen:

- de tijdsduur gedurende welke het draagvermogen (criterium R) van een draagelement van het dak gewaarborgd is in geval van een brand binnenin het gebouw
- de tijdsduur gedurende welke de vlamdichtheid (criterium E) en de thermische isolatie (criterium I) van de dakopbouw gewaarborgd zijn in geval van een brand binnenin het gebouw
- het vermogen van de dakopbouw om de verspreiding van een brand, afkomstig van buiten het gebouw, te beperken.

De overbelasting, te wijten aan de aanwezigheid van de zonnepanelen op het dak, moet in aanmerking genomen worden bij de berekening van het draagvermogen bij brand (criterium R). Voor hellende daken is deze overbelasting doorgaans beperkt. Er is met andere woorden geen systematische overdimensionering of bijkomende bescherming noodzakelijk om de vereiste brandweerstand (criterium R) te kunnen bereiken.

Aangezien zonnepanelen buiten het gebouw geplaatst zijn, hebben ze geen invloed op de vlamdichtheid (criterium E) en de thermische isolatie (criterium I) van het dak. Indien er toch een eis opgelegd wordt, dan is het dat de eventuele doorboringen voor de doorvoer van kabels en leidingen zodanig uitgevoerd moeten zijn dat ze beantwoorden aan voormelde criteria en dit, volgens de voorschriften uit de TV 254 [23].

De klassieke dakbedekkingsselementen zoals dakpannen, leien, golfplaten uit vezelcement enzovoorts, dragen niet bij tot de verspreiding van een brand naar de binnenkant van het gebouw of naar de andere dakzones. Zonnepanelen die gemonteerd worden door integratie in de dakbedekking (zie § 3.2, p. 10) moeten hetzelfde gedrag ten opzichte van een externe brand vertonen als de dakbedekkingsselementen die



ze vervangen. Ze moeten met andere woorden van de klasse  $B_{\text{ROOF}(t_1)}$  zijn <sup>(2)</sup>.

Naast voormelde reglementaire aspecten kunnen de zonnepanelen tevens een invloed hebben op de volgende brandveiligheidsaspecten:

- fotovoltaïsche panelen zijn onderling verbonden door elektrische kabels en verdeelkasten, die mogelijke warmtebronnen vormen. In voorkomend geval moeten er een aantal voorzorgsmaatregelen getroffen worden in de nabijheid van brandbare materialen. Bij een montage door integratie in de dakbedekking dient men erop toe te zien dat deze potentiële warmtebronnen niet in contact komen met bepaalde types brandbare onderdaken en isolatiematerialen <sup>(3)</sup>. Bij een montage door plaatsing bovenop de dakbedekking zijn deze potentiële warmtebronnen gewoonlijk van de brandbare materialen gescheiden door de dakbedekking, die in de meeste gevallen een onbrandbare beschermingslaag vormt
- de zonnepanelen, of het nu gaat om zonnecollectoren dan wel om fotovoltaïsche panelen, kunnen de brandoverslag beïnvloeden en de tussenkomst van de brandweer bemoeilijken. Bij een montage door plaatsing bovenop de dakbedekking kunnen ze de werking van de brandspuiten belemmeren en de rookcirculatie in het dak wijzigen. De aanwezige installatie kan eveneens de toegangs- en interventiemogelijkheden voor de brandweerdiensten op of via het dak in het gedrang brengen en de evacuatie van de personen die zich in het gebouw bevinden bemoeilijken. De zonnepanelen mogen in geen geval de opening van de dakvensters of van de ontrotingsluiken belemmeren
- bij brand is het risico op elektrocutie als gevolg van de aanwezigheid van de fotovoltaïsche panelen groter. Het vuur kan immers de isolatiekoker rondom de elektrische kabels vernietigen, waardoor de geleider bloot komt te liggen. De deels door de vlammen verwoeste zonnepanelen kunnen nog steeds een zekere elektrische spanning produceren aan hun aansluitklemmen. Dit risico is vooral van belang voor de tussenkomst van de brandweerdiensten en bij de evacuatie van de personen uit het gebouw.

### 4.3 HYGIËNE, GEZONDHEID EN MILIEU

De aanwezigheid van een zonne-installatie op het dak heeft geen invloed op de hygiëne en de gezondheid van de gebruikers of de personen die zich in de onmiddellijke omgeving bevinden. Ze brengt evenmin schade toe aan het milieu.

<sup>(2)</sup> De klasse  $B_{\text{ROOF}(t_1)}$  geeft de prestaties van een dak weer bij blootstelling aan een externe brand (NBN EN 13501-5) [4]. Ze heeft enerzijds tot doel te voorkomen dat er secundaire brandhaarden op het dak zouden ontstaan door de doorboring ervan en anderzijds om de voortplanting van de brand aan het dakoppervlak te vermijden.

<sup>(3)</sup> De brandreactieklasse van de materialen is gedefinieerd in de norm NBN EN 13501-1 [3].

<sup>(4)</sup> Zie hiervoor de 'Onderhoudsgids voor duurzame gebouwen', uitgegeven door het WTCB [15].

## 4.4 GEBRUIKSVEILIGHEID EN TOEGANKELIJKHEID

### 4.4.1 GEBRUIKSVEILIGHEID: BLIKSEM EN OVERSPANNINGEN

De aanwezigheid van de zonnepanelen op het dak zorgt niet voor een verhoging van het risico op blikseminslag. Wanneer het gebouw op zich echter een hoog risico op blikseminslag vertoont, dan zal het noodzakelijk zijn om de fotovoltaïsche installatie te beschermen. Deze bescherming is tweeledig:

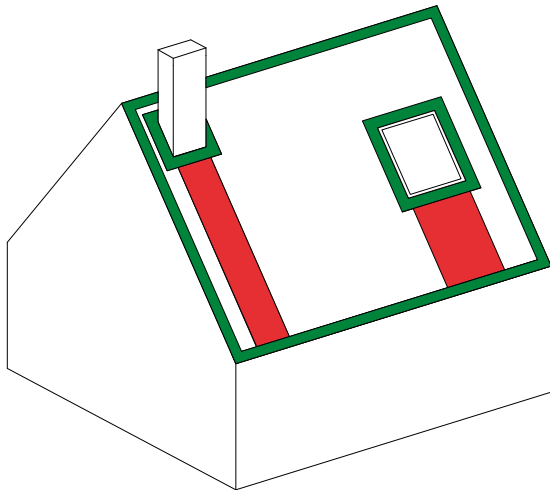
- een uitwendige bescherming tegen rechtstreekse blikseminslag
- een inwendige bescherming tegen overspanningen.

Indien het gebouw uitgerust is met een bescherming tegen blikseminslag en overspanningen, dan dient men na te gaan of deze uitrusting ook toelaat om de fotovoltaïsche panelen te beschermen. De uitvoering van een beschermingssysteem vergt specifieke competenties die niet verder behandeld worden in dit document. Voor meer informatie omtrent bliksem en fotovoltaïsche installaties verwijzen we naar de [WTCB-Dossiers nr. 2010/4.5](#) [1] en naar de Technische Voorlichting Elektriciteit 002 van Volta [14]. De normatieve aspecten komen aan bod in de normen van de reeks NBN EN 62305 [5 tot 8].

### 4.4.2 TOEGANKELIJKHEID

Het zal soms nodig zijn om zich punctueel toegang te verschaffen tot de verschillende elementen van een hellend dak, onder meer om te kunnen overgaan tot het onderhoud en inspecties <sup>(4)</sup>. Dit is bijvoorbeeld het geval voor het vegen van de schoorsteen en de reiniging van de regenwaterafvoorzieningen. Ook de dakvensters moeten toegankelijk blijven met het oog op de evacuatie van de bewoners bij brand.

De plaatsing van een zonne-installatie vereist een betere toegankelijkheid en zorgt voor een sterke wijziging van de toegangsvoorwaarden tot het dak. Zonnepanelen zijn immers breekbare elementen die bij het belopen beschadigd kunnen raken (zie ook § 7.6.2, p. 49). Bovendien zal het op de plaats waar deze panelen op het dak geïnstalleerd zijn niet langer mogelijk zijn om gebruik te maken van de klassieke toegangsmiddelen zoals dakladders, noch om bepaalde dakpannen tijdelijk te verwijderen. Bij de evacuatie van personen via het dak vertonen de vlakke zonnepanelen bovendien het nadeel dat ze redelijk glad zijn, wat verplaatsingen gevaarlijk maakt.



- Zones die vrij moeten blijven met het oog op de toegankelijkheid
- Zones die vrij moeten blijven met het oog op het onderhoud

Afb. 13 Voorbeelden van zones waarin geen zonnepanelen geplaatst mogen worden.

Voor de veiligheid is het daarom raadzaam om geen zonnepanelen te voorzien in de dakzones die toegankelijk moeten zijn in het uitzonderlijke geval van een noodevacuatie. Het strekt evenzeer tot aanbeveling om een vrije zone van 30 cm te laten ten opzichte van de dakranden en de nok om de inspectie en het onderhoud van deze gevoeliger zones toe te laten. Omwille van praktische redenen is het ten slotte aanbevolen om voldoende toegangsmogelijkheden te voorzien tot de zones die inspecties of een punctueel onderhoud vereisen en dit, zonder te passeren via de zonnepanelen.

In afbeelding 13 zijn bij wijze van voorbeeld de zones voorgesteld waarin geen zonnepanelen geplaatst mogen worden. Deze zones kunnen gewijzigd worden naargelang van de manier waarop men toegang krijgt tot het dak, bv. via het andere dakschild.

#### 4.4.3 INSPECTIE EN ONDERHOUD

Een zonne-installatie kan meer onderhoud vergen dan een dak, en dan vooral indien de zonnepanelen periodiek gereinigd moeten worden. Een regelmatige inspectie laat sowieso toe om de staat van het dak en de zonnepanelen te verifiëren. Indien nodig, moeten er extra toegangsmiddelen voorzien worden om de zonnepanelen in alle veiligheid te kunnen inspecteren en/of reinigen. Wanneer er een zwaardere interventie noodzakelijk is, dan kunnen er specifieke voorzieningen voor de uitvoering van werken op hoogte aangebracht worden.

In andere dakzones zal men dan weer moeten overgaan tot het onderhoud of de vervanging van de waterdichte aansluitingen en de regenwaterafvoorzorgingen. Ook deze

zones moeten voldoende vrijgemaakt zijn om de noodzakelijke onderhouds- of vervangingswerkzaamheden in alle veiligheid mogelijk te maken. De zones die vrijgehouden moeten worden rondom de te onderhouden en/of te vervangen elementen zijn schematisch voorgesteld in afbeelding 13.

#### 4.4.4 BESCHERMING TEGEN DIEFSTAL

Zonnepanelen vertegenwoordigen een aanzienlijke investering waarvoor er soms een antidiefstalbescherming gevraagd wordt. Dit type bescherming kan op verschillende manieren tot stand gebracht worden:

- **door de toegang tot het dak te beveiligen:** hellende daken hebben slechts zelden een specifieke toegang die door potentiële dieven gebruikt zou kunnen worden. Indien er toch een dergelijke toegang aanwezig is (bv. via een inklapbare ladder), dient men ervoor te zorgen dat deze vergrendeld kan worden. Het is echter niet omdat men de bestaande toegangen beveiligd, dat het niet langer mogelijk zal zijn om via andere wegen toegang te krijgen tot het dak
- **door de bevestiging van de zonnepanelen op het dak te beveiligen:** de demontage van de zonnepanelen gebeurt ter hoogte van de bevestigingsklemmen op de metalen rails. Er bestaan verschillende middelen om deze demontage te bemoeilijken, zoals de permanente obstructie van de nippel op de boutkoppen.

Hoewel men nooit kan verhinderen dat een volhardende dief toch met een zonnepaneel aan de haal gaat, zorgt de vermenigvuldiging van de beschermingsmaatregelen er wel voor dat dit veel moeilijker, trager en luidruchtiger zal verlopen.

#### 4.5 GELUIDSWERING

Zonne-installaties maken in de regel slechts weinig lawaai. De omvormer van de fotovoltaïsche panelen en de circulatiepomp van de zonnecollectoren kunnen daarentegen wel geluidsoverlast veroorzaken. Men dient er dan ook voor te zorgen dat deze laatste goed geïsoleerd zijn of niet geïnstalleerd worden in werk- of rustruimten. Ook de doorboringen voor de doorvoer van kabels en leidingen vormen onderbrekingen in de akoestische bescherming die geboden wordt door het dak. Bij de uitvoering van de dakdoorvoeren moet er bijgevolg voldoende aandacht uitgaan naar het akoestische aspect.

#### 4.6 ENERGIEZUINIGHEID EN THERMISCHE ISOLATIE

De eventuele doorboringen van het dak voor de doorvoer van kabels en leidingen vormen onderbrekingen in de thermische-isolatielaag en het luchtscherm. Bij de uitvoering

ervan dient men dan ook voldoende rekening te houden met het energetische aspect (zie § 5.3, p. 39).

De energieprestaties van een zonne-installatie hangen vooral af van de bezonning, de helling en de oriëntatie van de zonnepanelen, evenals van hun werkingstemperatuur en beschaduwing. Een aantal van de hieronder aangehaalde punten werden reeds in detail behandeld in hoofdstuk 2 (p. 7):

- de intensiteit en de duur van de bezonning zijn uitsluitend afhankelijk van de inplanting
- de helling en de oriëntatie van de dakschilden zijn inherent aan het gebouw. Het is mogelijk om de zonnepanelen volgens een andere configuratie te plaatsen, maar de voordelen die hieruit zouden voortvloeien voor de energieproductie wegen niet op tegen de technische moeilijkheid en meerkost van een dergelijke montage. Ook het esthetische uitzicht moet in beschouwing genomen worden
- de beschaduwing zorgt ervoor dat de rechtstreekse zonnestraling de zonnepanelen niet kan bereiken, wat uiteraard een negatieve weerslag heeft op hun opbrengst. Het is dus belangrijk om beschaduwing te vermijden, met name tijdens de uren met de sterkste bezonning
- het rendement van de zonnepanelen is temperatuurgevoelig. In het geval van zonnecollectoren zullen de energieverliezen van de warmtetransporterende vloeistof des te groter zijn naarmate de buitentemperatuur lager is. Een goede isolatie aan de onderzijde van het zonnepaneel en een montage door integratie in de dakbedekking genieten de voorkeur voor vlakke zonnepanelen
- het rendement van fotovoltaïsche panelen vermindert naarmate de temperatuur toeneemt. De omvang van deze vermindering is afhankelijk van het product. Een vrije luchtcirculatie onder de zonnepanelen laat toe om een deel van deze warmte af te voeren.

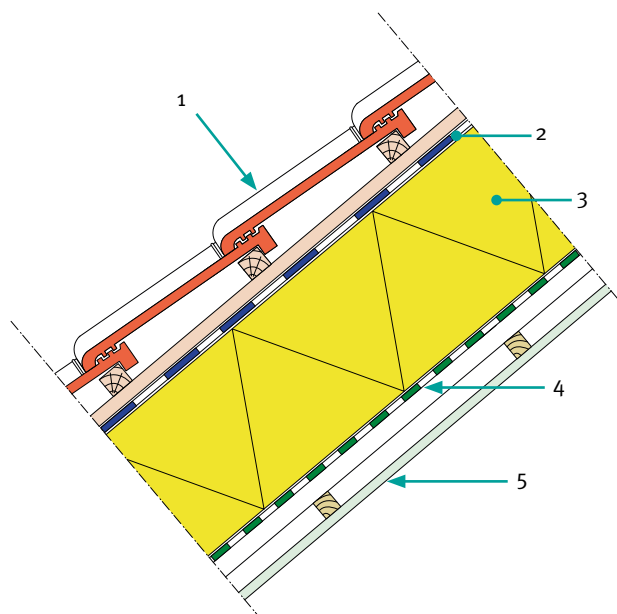
## 4.7 DUURZAAM GRONDSTOFFENGEBRUIK

Door de regels voor de goede uitvoering uit deze TV te respecteren, kan men de impact van de plaatsing van de zonnepanelen op de levensduur van het dak beperken. Indien de integriteit van elke afzonderlijke daklaag bewaard blijft, dan zal ook de levensduur van de volledige dakopbouw ongewijzigd blijven. Door de zonnepanelen voorzichtig te manipuleren, kan men ze beschermen tegen fysieke schade en kan men hun duurzaamheid veiligstellen (zie ook § 7.6.2, p. 49).

## 4.8 INTEGRITEIT VAN HET DAK EN DE DAK-DETAILS

### 4.8.1 DAK

De integriteit van het dak kan in het gedrang komen door de



- |                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| 1. Dakbedekking met pannen | 4. Lucht- en dampscherm |
| 2. Onderdak                | 5. Binnenafwerking      |
| 3. Isolatiemateriaal       |                         |

Afb. 14 Opbouw van een hellend dak met een dakbedekking met pannen.

al dan niet volledige doorboring van zijn samenstellende lagen, bv. bij de uitvoering van de verankeringen of voor de doorvoer van kabels of leidingen. Doorboringen kunnen ook op accidentele wijze tot stand komen als gevolg van een verkeerd manoeuvre. Elke doorboring vormt een onderbreking die correct behandeld moet worden opdat de betrokken laag haar functie naar behoren zou kunnen blijven uitoefenen.

De meeste hellende daken zijn ontworpen volgens een schema dat vergelijkbaar is met het schema uit afbeelding 14. Voor meer details over dit onderwerp verwijzen we naar de TV's 251 [22], 240 [21], 225 [20] en 195 [17]. De belangrijkste functies van de verschillende lagen – van buiten naar binnen toe – zijn hieronder opgesomd:

- dakbedekking: primaire regendichtheid
- onderdak: secundaire regendichtheid en winddichtheid
- isolatiemateriaal: thermische isolatie
- dampscherm: lucht- en dampdichtheid.

### 4.8.2 INVLOED VAN DE ZONNEPANELEN OP HYGROTHERMISCH VLAK

Zonnepanelen die gemonteerd worden door plaatsing bovenop de dakbedekking oefenen normaalgesproken geen invloed uit op de waterdampdiffusie in de dakopbouw en gaan evenmin gepaard met een bijkomend condensatierisico.

Bij een montage door integratie of semi-integratie in de dakbedekking kan de zonne-installatie een waterdampdicht oppervlak vormen, waartegen het vocht kan condenseren. Dit dampdichte oppervlak kan bij een montage door integratie bestaan uit de zonnepanelen en hun waterdichte aansluitingen, of bij een montage door semi-integratie uit de vervangingspanelen. Door de aanwezigheid van een geventileerde luchtsponw onder dit dampdichte oppervlak kan een deel van het vocht door natuurlijke convectie afgevoerd worden. De aanwezigheid van een ononderbroken onderdak dat in goede staat verkeert, is echter een noodzakelijke voorwaarde om het gebeurlijke condensatiewater te kunnen opvangen en afvoeren. De volgende eisen moeten in acht genomen worden:

- het onderdak moet aangesloten zijn op de regenwaterafvoervoorziening
- de afstand tussen het dampdichte oppervlak en het onderdak moet groot genoeg zijn om de afstroming van het condensatiewater toe te laten en capillaire fenomenen te vermijden (de dikte van een tengellat is toereikend)
- in aanwezigheid van een soepel onderdak dient men erop toe te zien dat de isolatie het onderdak niet tot tegen het dampdichte oppervlak duwt. Dit zou immers de afstroming van het condensatiewater in het gedrang kunnen brengen en de vochtoverdracht naar de isolatie in de hand kunnen werken.

#### 4.8.3 DAKDETAILS

De plaatsing van de zonnepanelen mag de goede werking van de dakdetails (bv. de uitmonding van de rookgasafvoerkanalen, de luchttoevoer- of luchtafvoeropeningen van het ventilatiesysteem, de schoorsteen, de dakvensters of de dakgoten) niet verstoren.

De aanwezigheid van de zonnepanelen wijzigt de manier waarop het regenwater van het dak afgevoerd wordt. Men dient ervoor te zorgen dat deze gewijzigde afstroming verenigbaar blijft met de afdichtingstechnieken die gebruikt werden voor de dakdetails. Zo mag de onderrand van een zonnepaneel niet uitsteken over een dakvenster (zelfs indien dit de opening ervan niet belemmert), omdat dit zou kunnen leiden tot een toename van het waterdebiet en tot een wijziging van de afstromingsrichting over een aansluiting die hiervoor niet voorzien werd. Een zonnepaneel mag evenmin uitsteken over een dakgoot, om te vermijden dat het afstromende regenwater rechtstreeks zou terechtkomen aan de voet van het gebouw.

# 5

## UITVOERING

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de regels der kunst voor de montage van zonnepanelen door plaatsing bovenop de dakbedekking en door integratie in de dakbedekking. Deze regels zijn zowel van toepassing op zonnecollectoren als op fotovoltaïsche panelen.

### 5.1 MECHANISCHE BEVESTIGING VAN ZONNEPANELEN BOVENOP DE DAKBEDEKKING

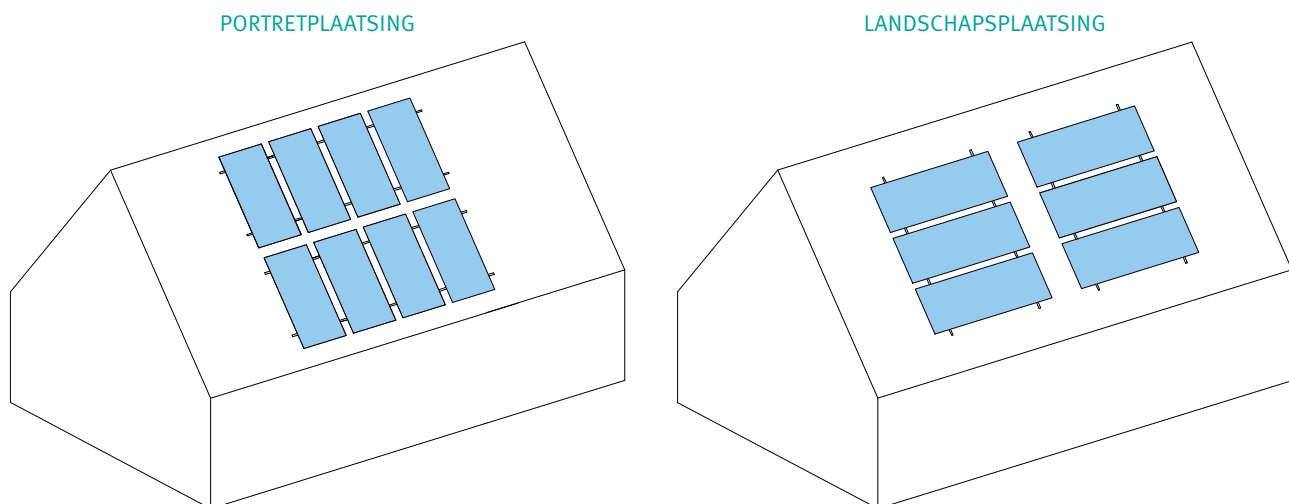
De zonnepanelen worden in het daktimmerwerk bevestigd met behulp van verankeringen waarvan de hoeveelheid en de positie afhankelijk zijn van de structuur van het daktimmerwerk en de belasting die uitgeoefend wordt door de zonnepanelen. De structuur van het daktimmerwerk is bepalend voor de posities waar het fysiek mogelijk is om een verankering aan te brengen. Dankzij metalen rails die gebruikt worden als tussenconstructie is het mogelijk om de belasting die uitgeoefend wordt door de zonnepanelen te verdelen. Zodoende beschikt men over een grotere vrijheid bij het positioneren van de verankeringen.

De plaatsing van de rails – evenwijdig met of loodrecht ten opzichte van de dakhelling – is bepalend voor de plaatsingswijze van de zonnepanelen. Men heeft de keuze tussen een ‘portretplaatsing’ en een ‘landschapsplaatsing’ (zie afbeel-

ding 15). Een systeem met gekruiste rails, evenwijdig met en loodrecht ten opzichte van de dakbedekking, biedt een grotere montagevrijheid, maar zal er ook toe leiden dat de zonnepanelen iets hoger zullen uitsteken ten opzichte van de dakbedekking.

Een zonne-installatie moet ontworpen worden als een geheel waarvan alle elementen onderling verenigbaar zijn: zonnepanelen, bevestigingsklemmen van de zonnepanelen op de rails, metalen rails en bevestigingshaken van de rails in het daktimmerwerk. Het assembleren van de elementen moet gebeuren volgens de voorschriften van de fabrikant. De dimensionering ervan valt buiten het bestek van dit document. Zo zou een fabrikant stijvere metalen rails kunnen voorstellen die minder haken voor de verankering in het daktimmerwerk vereisen. In voorkomend geval zal de belasting die door elk van de haken opgenomen moet worden wel groter zijn.

De dimensionering van de bevestigingsmiddelen van de haken in het daktimmerwerk wordt daarentegen in detail toegelicht in de **rekenmodule** die ter beschikking staat op de WTCB-website (rubriek ‘Rekentools’). Met behulp van deze module is het bijvoorbeeld mogelijk om het aantal en de diameter van de schroeven of de schroefbouten te bepalen die nodig zijn voor elke haak en dit, naargelang van de configuratie van de zonne-installatie.



Afb. 15 Montage van de zonnepanelen in functie van de configuratie van de rails.

Men kan de volgende algemene eisen formuleren, die van toepassing zijn voor alle verankeringstypes:

- de verankeringen moeten mechanisch bevestigd worden in het daktimmerwerk of in een element met een toereikende sterkte dat zelf in het daktimmerwerk bevestigd is
- verankeringen zonder mechanische bevestiging en veringelde systemen zijn niet geschikt voor de montage van zonnepanelen
- de verankeringen mogen geen wijziging van de positie, de sluiting of de overlapping van de dakbedekkings-elementen teweegbrengen
- de verankeringen mogen geen permanente of incidentele druk op de dakbedekkings-elementen uitoefenen, tenzij het gaat om verankeringen die bevestigd worden op de verhoogde voeg van dakbedekkingen uit metaalbanen
- de verankeringen moeten opgebouwd zijn uit een materiaal dat geschikt is voor een langdurig gebruik op daken, overeenkomstig de eisen uit hoofdstuk 6 (p. 43).

### 5.1.1 DAKBEDEKKINGEN UIT GOLFPLATEN OF GEPROFILEERDE PLATEN

De metalen rails van de zonne-installatie kunnen in het daktimmerwerk bevestigd worden met behulp van deuvels die plaatselijk bepaalde schroefbouten – gebruikt voor de bevestiging van de golfplaten (zie afbeelding 16) of de geprofileerde platen – vervangen. In afbeelding 17 zijn twee voorbeelden van deuvels voorgesteld. Het linkervoorbeeld toont een deu-

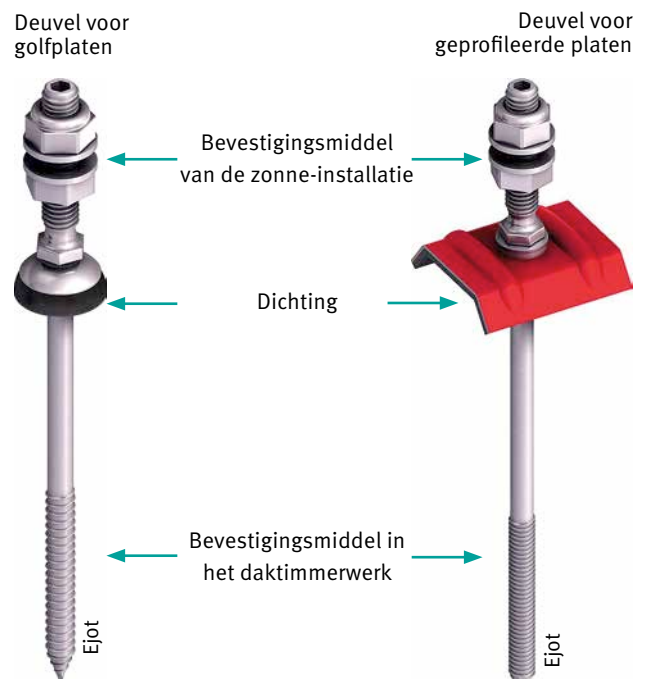


Afb. 16 Bevestiging van zonnepanelen met behulp van deuvels op golfplaten.

vel die uitgerust is met een dichtingsring uit EPDM en die geschikt is voor de bevestiging van golfplaten in een houten daktimmerwerk. Om de dichtheid veilig te stellen, dient men erop toe te zien dat de dichtingsring uit EPDM lichtjes samengedrukt wordt, zonder geplet te worden. Het rechtevoorbeeld toont een deuvel die gebruikt wordt voor de bevestiging van geprofileerde platen in een metalen daktimmerwerk en die uitgerust is met een dichting die specifiek aangepast is aan de vorm en de afmetingen van het plaatprofiel.

Bij de vervanging van een in een houten daktimmerwerk bevestigde schroefbout door een deuvel kunnen de houtvezels beschadigd raken, wat de sterkte van de nieuwe assemblage kan verminderen. Bij twijfel is het raadzaam om een deuvel te gebruiken met een diameter die groter is dan deze van de oorspronkelijke schroefbout. Men dient er niettemin op toe te zien dat de diameter van het gat in de golfplaat zo'n 3 mm groter is dan de deuveldiameter om een zekere bewegingsvrijheid toe te laten zonder de golfplaat te beschadigen.

Er is een zekere bewegingsvrijheid vereist ter hoogte van de plaats waar de deuvel de golfplaat doorboort, onder meer om de thermische uitzetting van de metalen rails mogelijk te maken. Het gebruik van een ankerplaatje tussen de deuvels en de rails, zoals voorgesteld in afbeelding 16, laat toe om een deel van de thermische uitzetting van de installatie op te nemen, door een lichte rotatie van het ankerplaatje op de deuvel. De doorboring van de golfplaat door de deuvel wordt zodoende minder kritiek gemaakt.



Afb. 17 Voorbeelden van deuvels die uitgerust zijn met een dichting.





Afb. 18 Ander bevestigingsmiddel voor gebruik op golfplaten en geprofileerde platen.

Er bestaan nog een aantal andere middelen die toelaten om de zonnepanelen in het daktimmerwerk te bevestigen zonder noemenswaardige bijkomende belastingen op de golfplaten teweeg te brengen en die bovendien een goede stabiliteit bieden. Afbeelding 18 stelt een voorbeeld voor. Rechtstreeks contact tussen de scherpe randen van de bevestigingsmiddelen en de golfplaten moet vermeden worden, bijvoorbeeld door de tussenplaatsing van een soepel materiaal.

## 5.1.2 DAKBEDEKkingEN MET PANNEN OF LEIEN

### 5.1.2.1 Bevestigingshaken

De metalen rails van de zonne-installatie worden gewoonlijk in het daktimmerwerk bevestigd met behulp van haken. Deze haken passeren via de overlapping tussen twee opeenvolgende rijen dakbedekkings-elementen. De vorm en de afmetingen van de haken worden gekozen in functie van de panlathdikte en de vorm en de afmetingen van de pannen of leien.

In de handel zijn verschillende types haken beschikbaar. In afbeelding 19 zijn een aantal voorbeelden voorgesteld. De haken kunnen eveneens op maat gemaakt worden volgens de specificiteiten van de bouwplaats.

De haken moeten voldoende stijf zijn om de belastingen die doorgegeven worden door de zonne-installatie te kunnen opnemen zonder onderhevig te zijn aan overmatige vervormingen waardoor ze in contact zouden kunnen komen met de in de buurt gelegen dakbedekkings-elementen.

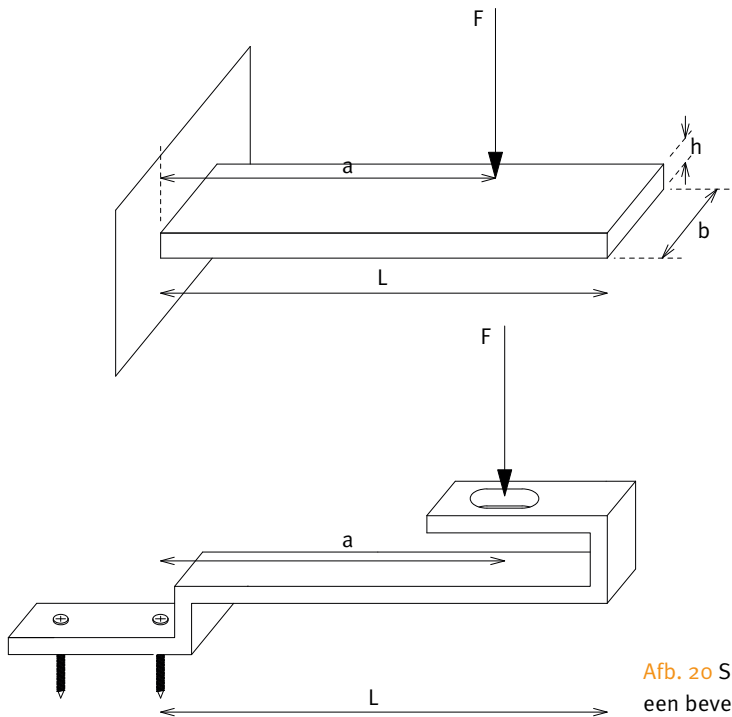


Afb. 19 Enkele voorbeelden van bevestigingshaken voor zonne-installaties.

Haken uit roestvast staal hebben gewoonlijk een dikte begrepen tussen de 5 en de 8 mm naargelang van hun lengte en de voorkomende belastingen. Hun lengte ligt gewoonlijk tussen de 100 en de 300 mm. Haken met een dikte van 8 mm worden hoofdzakelijk gebruikt op grotere hoogtes, waar er aanzienlijke sneeuwbelastingen kunnen optreden.

### Berekening van de vervorming van de bevestigingshaken

De vervorming van een haak kan ingeschat worden met behulp van de theoretische formule voor de vervorming van een ingeklemde balk volgens de voorstelling uit afbeelding 20. We gaan uit van een balk met lengte 'L', breedte 'b' en dikte 'h', die aan één uiteinde ingeklemd is, en van een belasting 'F' die aangrijpt op een afstand 'a' van de inklemming. Hoewel deze hypothese niet helemaal correct is, met name voor wat de inklemming betreft, laat ze toch toe om een realistische vervormingswaarde te bekomen.



Afb. 20 Schematische voorstelling van de vervorming van een bevestigingshaak (afmetingen in meter).

De formule voor de verticale vervorming ( $y$ ) van de haak in functie van de horizontale afstand ( $x$ ) ten opzichte van de inklemming wordt uitgedrukt als volgt:

$$y = \frac{Fx^2}{6EI}(x - 3a) \quad \text{wanneer } x \leq a$$

$$y = \frac{Fa^2}{6EI}(a - 3x) \quad \text{wanneer } x > a$$

waarbij  $F$  staat voor de aangrijpende kracht (in newton),  $E$  voor de elasticiteitsmodulus (203 GPa voor roestvast of normaal staal, 69 GPa voor aluminium) en  $I$  voor het traagheidsmoment van de balk, hetzij:  $I = \frac{bh^3}{12}$ .

Voor een haak uit roestvast staal met een breedte van 30 mm wordt de vervorming berekend op één derde, op twee derden en aan het uiteinde van de haak. Men gaat ervan uit dat de belasting  $F$  uitgeoefend wordt op drie vierden van de lengte:

- voor een haak van 15 cm lang en 5 mm dik zullen de vervormingen onder een belasting van 44 kg respectievelijk gelijk zijn aan 0,8 mm, 2,7 mm en 4,9 mm
- voor een haak van 20 cm lang en 5 mm dik zullen de vervormingen onder een belasting van 18 kg respectievelijk gelijk zijn aan 0,8 mm, 2,7 mm en 4,8 mm
- voor een haak van 30 cm lang en 5 mm dik zullen de vervormingen onder een belasting van 5 kg respectievelijk gelijk zijn aan 0,8 mm, 2,5 mm en 4,5 mm
- voor een haak van 30 cm lang en 8 mm dik zullen de vervormingen onder een belasting van 23 kg respectievelijk gelijk zijn aan 0,8 mm, 2,8 mm en 5 mm.

De maximale belasting waarmee het mogelijk is om onder de vervormingsgrenswaarde van 5 mm te blijven, is sterk afhankelijk van de lengte en de dikte van de haak. Het is dus aanbevolen om zo kort mogelijke haken te gebruiken.



### ■ Bevestiging in een houten daktimmerwerk

De assemblage van houten constructie-elementen moet gebeuren volgens de eisen die beschreven staan in de Eurocode NBN EN 1995-1-1 [2] en in WTCB-Contact 2013/1 [16]. Deze eisen zijn strenger dan de eisen die van toepassing zijn op de assemblage van secundaire constructies uit hout, met inbegrip van de bevestiging van de haken voor zonne-installaties in het daktimmerwerk. Bij gebrek aan specifieke proeven of aanduidingen van de fabrikanten is het niettemin aanbevolen om zich hier in de mate van het mogelijke aan te conformeren.

In bovenvermelde documenten staat de afstand aangegeven die gerespecteerd moet worden tussen de as van de schroef en de rand van het houten element, evenals de minimale indringingsdiepte van de schroef in het houten element. Deze afstanden zijn opgenomen in tabel 1. De indringingsdiepte heeft enkel betrekking op het element dat de belasting opneemt. Indien een haak doorheen een tengellat bevestigd wordt in een element van het daktimmerwerk, dan mag de dikte van de tengellat niet in aanmerking genomen worden.

Idealiter wordt er een haak aangebracht ter hoogte van een element van het daktimmerwerk en hierin bevestigd doorheen de tengellat, zoals voorgesteld in afbeelding 21. Deze situatie is courant bij tegelpannen of leien, waarvoor de positie van de haak vrij gekozen kan worden, zonder rekening te moeten houden met hun vorm.

Tabel 1 Minimale afstanden die gerespecteerd moeten worden tussen de schroeven en de randen van de houten elementen.

| Nominale schroefdiameter   | Minimale afstand tussen de as van de schroef en de rand van het houten element | Minimale indringingsdiepte in het houten element |
|--|--|--|
| $d \leq 6$ mm zonder voorboring  | 5d   | 6d   |
| $d \leq 6$ mm met voorboring   | 3d   |  |
| $d > 6$ mm (voorboring vereist) (*)  |  |  |
| (*) Met bepaalde types zogenoemde zelfborende schroeven of schroefbouten is er geen voorboring noodzakelijk, voor zover men de richtlijnen van de fabrikant opvolgt. |  |  |

Wanneer de dakpan een golfing vertoont, dan moet het dal van de golf zich ter hoogte van een element van het daktimmerwerk bevinden (zie afbeelding 21), opdat de haak op deze plaats aangebracht zou kunnen worden. Indien dit niet het geval is, dan moet de haak zodanig verschoven worden dat hij ter hoogte van het dal van de golf komt te liggen, bijvoorbeeld met behulp van een tussenliggend bevestigingselement zoals een houten beplanking of een metalen profiel (afbeelding 22, p. 24). De beplanking of het profiel moet op meerdere opeenvolgende kepers bevestigd worden. Hoewel deze oplossing arbeidsintensiever is, vertoont ze wel een aantal voordelen:

- de haak kan vrij gepositioneerd worden, onafhankelijk van het daktimmerwerk
- de belasting die doorgegeven wordt door de haken wordt



Afb. 21 Bevestiging van een haak ter hoogte van een element van het daktimmerwerk.

## A. BEVESTIGING IN EEN HOUTEN BEPLANKING



## B. BEVESTIGING IN EEN METALEN PROFIEL



Afb. 22 Bevestiging van een haak in een tussenliggend element.

opgenomen door meerdere opeenvolgende kepers, wat toelaat om het aantal verankeringspunten te verhogen en de veiligheid van de assemblage te verbeteren, bijvoorbeeld wanneer de doorsnede van de kepers

beperkt is en de eisen uit tabel 1 (p. 23) moeilijk gerespecteerd kunnen worden.

Het is belangrijk om weten dat de kracht die de veranker-

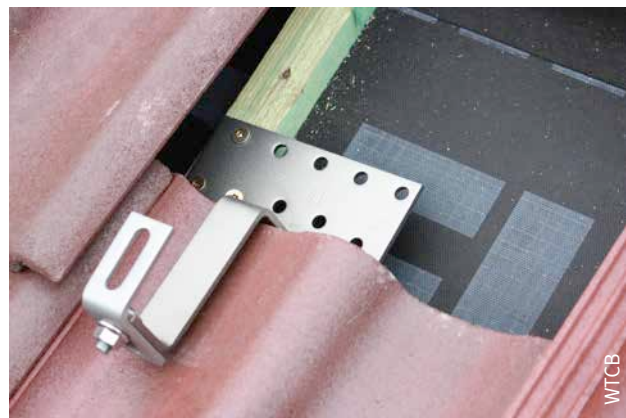
gen van de bijkomende profielen (houten beplanking of metalen rails) in het daktimmerwerk moeten kunnen opnemen ten minste gelijk moet zijn aan de som van de krachten die opgenomen worden door de verankeringen van de haken die bevestigd zijn op een profiel. Het gebruik van dergelijke profielen laat dus niet toe om de krachtwerking op het daktimmerwerk te verminderen, maar wel om deze beter te verdelen. Door deze manier van werken is het bijvoorbeeld niet alleen mogelijk om de schroefdiameter te beperken, teneinde te voldoen aan de eisen uit tabel 1 (p. 23), maar ook om meer schroeven te plaatsen teneinde een identieke of hogere globale sterkte te bereiken.

De stijfheid van het bijkomende profiel moet aangepast zijn aan de tussenafstand van de kepers, die kan oplopen tot 1 m. In het geval van een houten beplanking is het mogelijk om de stijfheid te verhogen door de dikte en de breedte op te drijven. In de praktijk wordt de dikte van de beplanking beperkt door de dikte van de panlatten en door de noodzaak om de dakpannen of leien correct boven de beplanking te kunnen plaatsen. In het geval van leien is het duidelijk niet mogelijk om van deze regel af te wijken. Voor bepaalde dakpannen zal het wel haalbaar zijn om een zekere overdikte te realiseren, maar in voorkomend geval zal het niet langer mogelijk zijn om de pannen naar boven te verschuiven bij een latere interventie op het dak. Wanneer de dikte van de beplanking ontoereikend is om het gebruik van schroeven of schroefbouten toe te laten volgens de criteria uit tabel 1 (p. 23), dan kan de haak in de beplanking bevestigd worden met behulp van bouten. Men kan eveneens gebruikmaken van een haak die uitgerust is met een brede ankerplaat, waardoor men het aantal schroeven

kan verhogen en hun diameter en lengte kan beperken, zoals voorgesteld in afbeelding 24.

De haken die uitgerust zijn met een brede ankerplaat zijn niet bestemd om de positie van de haak ten opzichte van de kepers van het daktimmerwerk te regelen (afbeelding 23). Een dergelijk gebruik leidt immers tot een koppel ter hoogte van de verankering, wat niet voorzien is in de dimensionering.

Bij een identieke dikte zal een metalen profiel een grotere stijfheid vertonen dan een houten beplanking. Met behulp van systemen, zoals voorgesteld in afbeelding 25 (p. 26), is het mogelijk om de positie van de haak op de rail bij te stellen. Deze systemen zijn echter duurder dan een houten beplanking.



Afb. 23 Niet-aanbevolen gebruik van een haak met een brede ankerplaat.



Afb. 24 Bevestiging van een haak die uitgerust is met een brede ankerplaat, waardoor men meer schroeven met een kleinere diameter kan gebruiken.





Afb. 25 Haak op een schuifrail.

#### ■ Aanpassing van de dakpannen

Er bestaat een groot gamma dakpannen met de meest uiteenlopende vormen en afmetingen, uit diverse materialen en met talloze overlappings- en sluitingstypes. Deze zijn echter niet allemaal even geschikt voor de montage van de bevestigingshaken voor zonne-installaties.

Onder normale gebruiksomstandigheden – met inbegrip van de windbelastingen, de sneeuwbelastingen en het eigenge-

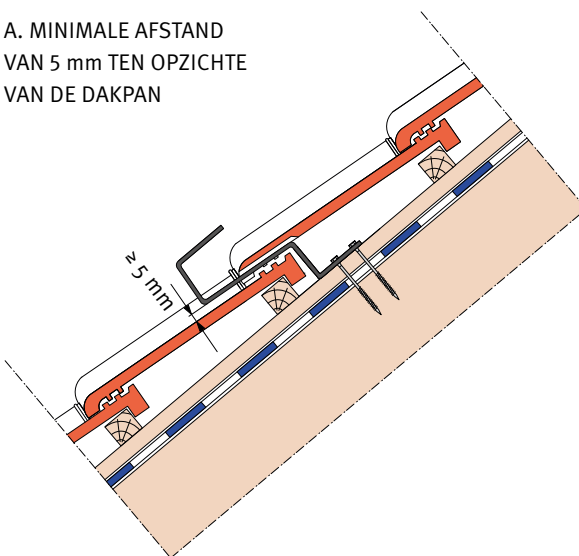
wicht – mag een bevestigingshaak niet in contact komen met de eronder gelegen dakpan. Doordat de haken kunnen vervormen onder invloed van de aangrijpende belasting, dient men bij hun uitvoering een minimale afstand van 5 mm ten opzichte van de dakpan te voorzien (zie afbeelding 26A). Deze afstand moet gemeten worden op het meest kritieke punt, dat zich niet noodzakelijk aan het uiteinde van de haak bevindt. Hoewel de afstand van 5 mm als toereikend beschouwd wordt bij gebrek aan proeven, kan deze aangepast worden naargelang van het geval. Zo is het bij zeer grote sneeuwbelastingen mogelijk om stijvere haken te gebruiken, maar ook om de dakpan die onder de haak gelegen is te vervangen door een metalen dakpan, die – zonder te breken – weerstand kan bieden aan een eventueel contact met de haak (zie afbeelding 26B).

De minimale afstand van 5 mm wordt verkregen dankzij een goede keuze van de vorm en de afmetingen van de haak. Indien de aanwezigheid van de haak de sluiting van de dakpannen in het gedrang brengt, moet de dakpan die op de haak rust aangepast worden. Het is daarentegen niet toegelaten om de dakpan onder de haak te wijzigen.

Wanneer de vorm van de boven de haak liggende dakpan dit toelaat, bijvoorbeeld in het geval van een tegelpan met een grote neus, dan kan deze laatste lichtjes afgeslepen worden om de doorgang van de haak mogelijk te maken (zie afbeelding 27). Indien de dakpan voldoende dik is, dan kan ze afgeslepen worden ter hoogte van de haak.

Men verwijdert best niet meer dan de helft van de dikte van de dakpan die op de haak rust. Wanneer de dakpan te dun is om volgens deze regel afgeslepen te worden, dan kan men het deel van de pan dat op de haak rust, verwijderen en moet men een waterdichte aansluiting tot stand brengen (zie afbeelding 28). Hoewel de continuïteit van de dakbedekking onder-

A. MINIMALE AFSTAND VAN 5 mm TEN OPZICHTE VAN DE DAKPAN



B. PLAATSING VAN EEN METALEN DAKPAN



Afb. 26 Minimale afstand tussen de haak en de onderliggende dakpan.



Afb. 27 Aanpassing van de dakpan om de doorgang van de haak mogelijk te maken.

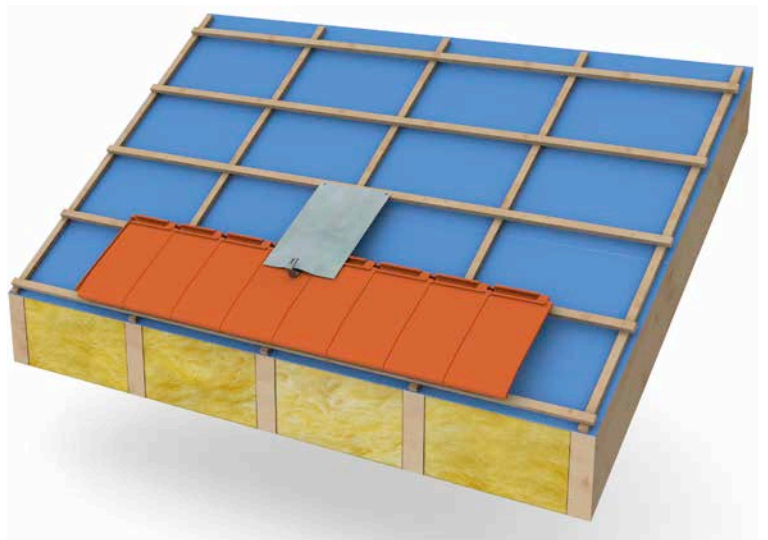
broken wordt en de dakpan haar dichtingsfunctie verliest, moet ze wel ter plaatse blijven aangezien ze zorgt voor de goede aansluiting met de aangrenzende dakpannen. Ter verzekering van de waterdichtheid brengt men een metalen folie of een uv-bestendig kunststofmembraan aan boven de haak. Idealiter is de metalen folie aan zijn randen voorzien van een 15 mm hoge plooi om te vermijden dat het regenwater over de folie zou wegstromen. Wanneer de metalen folies of de kunststofmembranen na verloop van tijd zouden kunnen verzakken (bv. bladlood), dan moeten ze correct ondersteund worden.

Het afslijpen van de dakpan is een delicate handeling die met de nodige zorg moet gebeuren om de pan niet te verzwakken. Deze oplossing mag slechts weerhouden worden indien de andere bovenvermelde oplossingen geen bevredigende resultaten opleveren.

#### ■ Aanpassing van de leien

Leien zijn te plat en te dun om de doorgang van een haak mogelijk te maken zonder enige aanpassing. De plaatsing van de haken is voorgesteld in afbeelding 29 en wordt hieronder beschreven:

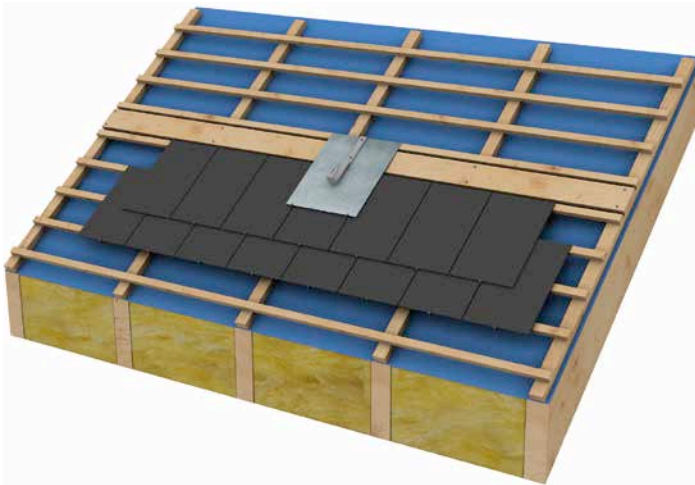
- er wordt een eerste metalen folie bevestigd onder de toekomstige positie van de haak. De haak wordt doorheen de metalen folie verankerd in het daktimmerwerk of in een profiel (afbeelding 29A, p. 28)
- de leien worden aangepast in de buurt van de haak (afbeelding 29B)
- er wordt een tweede metalen folie geplaatst boven de haak. De vorm van de folie wordt aangepast aan de vorm van de haak om de dichtheid te verbeteren (afbeelding 29C)
- de bovenste leien worden terug op hun plaats gelegd en indien nodig aangepast om de haak te kunnen omzeilen (afbeelding 29D).



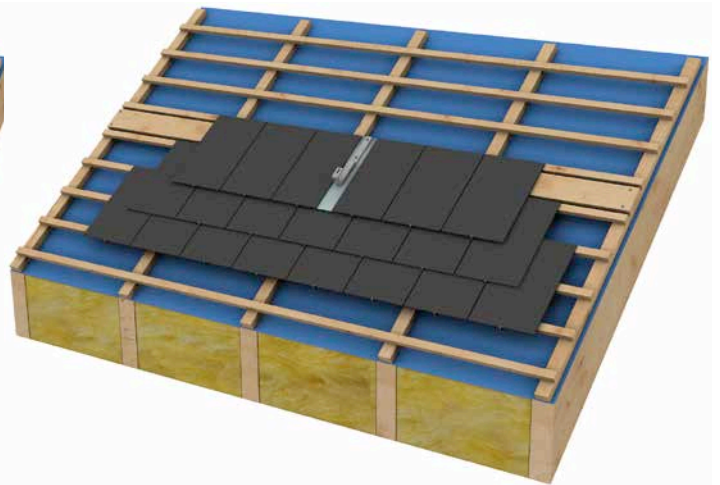
Afb. 28 Aanpassing van de dakpan om de doorgang van de haak mogelijk te maken.



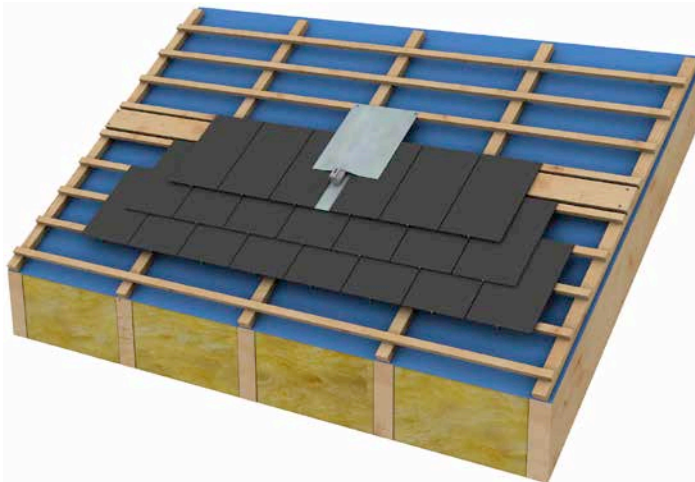
A. PLAATSING VAN DE EERSTE METALEN FOLIE



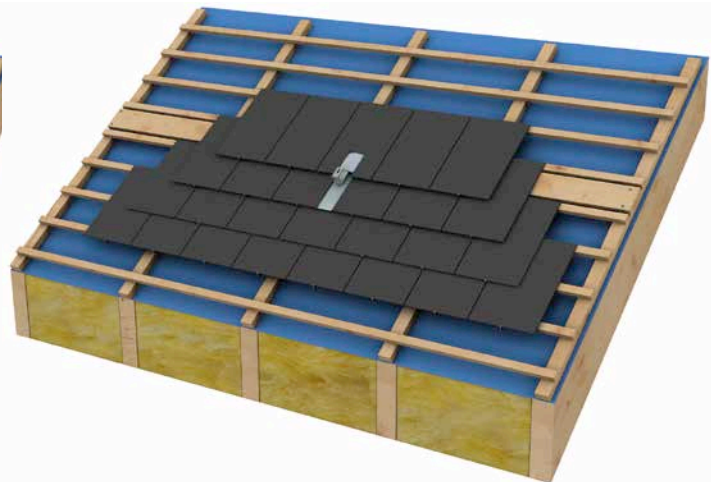
B. AANPASSING VAN DE LEIEN IN DE BUURT VAN DE HAAK



C. PLAATSING VAN DE TWEEDE METALEN FOLIE



D. PLAATSING VAN DE BOVENSTE LEIEN



Afb. 29 Correcte uitvoering van een haak voor een zonnepaneel op een dakbedekking uit leien.

### 5.1.2.2 Andere bevestigingsystemen

Het belangrijkste nadeel van een bevestigingshaak is de hefboomsarm die resulteert uit de afstand tussen het verankeringpunt in het daktimmerwerk en het bevestigingspunt van het zonnepaneel op de haak. Deze hefboomsarm ligt aan de oorsprong van het koppel dat uitgeoefend wordt ter hoogte van de verankering en van een vervorming van de haak die beperkt moet blijven om de dakbedekking niet te beschadigen. Bij bepaalde bevestigingsystemen wordt er geen gebruik gemaakt van de overlappings tussen de dakbedekkingselementen om de verbinding tussen het daktimmerwerk en de zonne-installatie tot stand te brengen. Deze systemen gaan rechtstreeks door de dakbedekking heen, loodrecht op het dakvlak, waardoor de hefboomsarm opgeheven wordt (afbeelding 30). Er is echter wel een waterdichte aansluiting nodig ter hoogte van de doorboring. Hoewel deze systemen interessante perspectieven openen, worden ze in België voornamelijk weinig toegepast. Het is bijgevolg



Afb. 30 Voorbeeld van een rechtstreeks bevestigingssysteem zonder hefboomsarm.

moeilijk om uitspraken te doen omtrent de duurzaamheid van hun afdichting.

### 5.1.3 DAKBEDEKKINGEN UIT ZINK MET STAANDE NADEN

Hierna beschrijven we twee bevestigingsmethoden voor zonnepanelen op een dakbedekking uit zink. De eerste vereist een insnijding van de metalen folie om een rechtstreekse bevestiging in de houten beplanking of de kepers toe te laten. Bij de tweede gebruikt men klemmen die bevestigd worden op de rand, gevormd door de staande naden. In beide gevallen dient men de volgende regels te respecteren:

- de metalen folies mogen niet beschadigd worden
- de uitzetting en de krimp van de folies mogen niet belemmerd worden
- men dient gebruik te maken van materialen die elektrochemisch compatibel zijn.

Het voornaamste probleem dat zich stelt bij de bevestiging van zonnepanelen op dit type dakbedekkingen, is dat het moeilijk is om de opbouw van de onderconstructie van de dakbedekking te bepalen (tussenafstand van de kepers, dikte van de beplanking ...) evenals de manier waarop deze constructie geassembleerd werd (bv. aantal spijkers of schroeven). Een andere moeilijkheid bestaat erin om het aantal vaste en beweeglijke bevestigingsklanten van de metalen folies in deze constructie te bepalen. Wanneer deze karakteristieken gekend zijn, dan is het mogelijk na te gaan of de constructie in staat zal zijn om de bijkomende belasting die teweeggebracht wordt door de zonnepanelen op te nemen.

Voor de eerste bevestigingsmethode wordt de metalen folie ingesneden om de bevestiging van een haak in de kepers of in de houten beplanking toe te laten, voor zover deze hiervoor voorzien zijn. De insnijding in de metalen folie moet voldoende groot zijn om een vrije ruimte van minstens 20 mm tussen de rand van de haak en de folie te vrijwaren (zie afbeelding 31A) en de uitzetting ervan toe te laten. Vervolgens wordt er een afdekkap boven de insnijding geplaatst die op waterdichte wijze op de metalen folie bevestigd wordt (bv. door solderen of verlijmen). Deze wordt goed aangesloten rondom de haak om een gebeurlijk opstuwen van water als gevolg van de windwerking te vermijden. De afdekkap moet een overlapping verzekeren die vastgesteld is op ten minste 150 mm, of die berekend werd volgens de formule  $30 + 30/\sin(\alpha)$  mm, overeenkomstig de aanbevelingen uit de TV 240 [21]. Met deze methode kunnen de zonnepanelen rechtstreeks in de structuur van het daktimmerwerk bevestigd worden, maar moeten er wel een groot aantal werkzaamheden uitgevoerd worden ter hoogte van elk bevestigingselement.

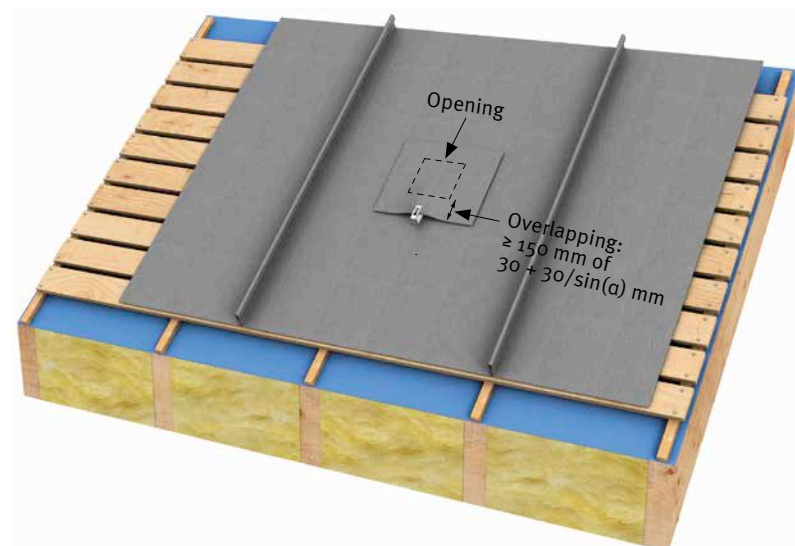
Bij de tweede methode worden er specifieke klemmen bevestigd op de rand die gevormd wordt door de staande naden. Deze methode kan enkel overwogen worden indien men rekening houdt met onderstaande beperkingen:

- de klemmen zijn niet alleen bestemd om de door de wind

#### A. INSNIJDING IN DE METALEN FOLIE



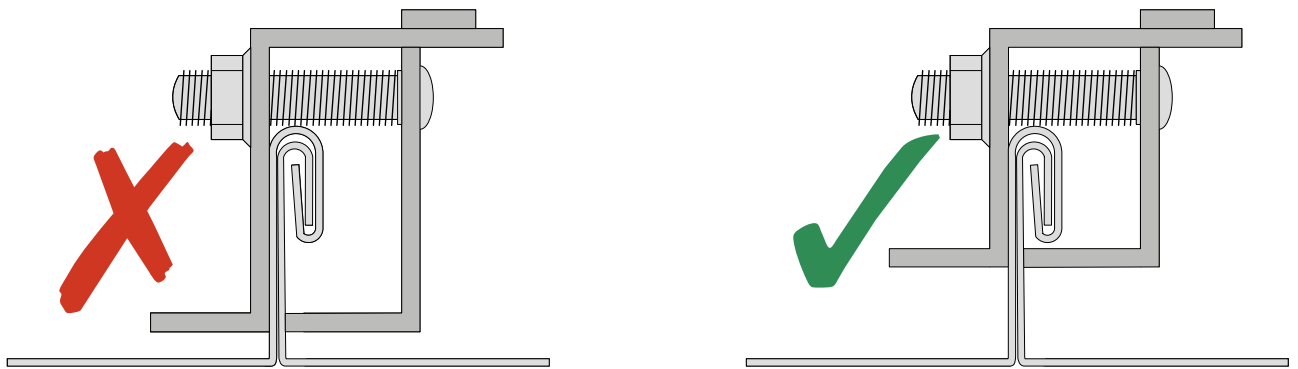
#### B. PLAATSIING VAN EEN AFDEKKAP BOVENOP DE INSNIJDING



Afb. 31 Plaatsing van een haak op een metalen dakbedekking.

op de zonnepanelen uitgeoefende trekkrachten door te geven, maar ook de glijbelastingen die ontstaan ten gevolge van het eigengewicht van en de sneeuwbelastingen op de zonnepanelen. Deze krachten worden uiteindelijk opgenomen door de vaste bevestigingsklanten van de staande naad

- de klemmen mogen geen schade teweegbrengen aan de metalen folies en dit, noch tijdens het in onderdruk komen van het dak onder invloed van de wind, noch tijdens de gebeurlijke thermische uitzettingen. Zo niet, dan zou de folie kunnen scheuren en de dakbedekking haar dichtheid kunnen verliezen. De klemmen mogen de uitzetting van de metalen folies aan de voet van de naad niet in het gedrang brengen en de naad evenmin doorboren ter hoogte van de fitting.



Afb. 32 Klemmen ter bevestiging van de zonnepanelen op de staande naden.

In afbeelding 32 is een voorbeeld van een klem voorgesteld. Het schema rechts toont een klem die een rechtstreekse druk uitoefent onder de plooi van de staande naad en een zekere bewegingsvrijheid verleent aan de twee metalen folies aan de voet van de naad. Het schema links toont een klem die een druk uitoefent aan de voet van de naad en weinig of geen bewegingsvrijheid verleent aan de metalen folies, wat leidt tot sterkere spanningen en een groter risico op scheurvorming.

Deze techniek laat *a priori* een gemakkelijke montage van de zonnepanelen op een dakbedekking met staande naden toe. Het is echter noodzakelijk om de fabrikant van de dakbedekking te consulteren in verband met de keuze en de positie van de klemmen. Verder dient men informatie in te winnen omtrent de compatibiliteit van de systemen.

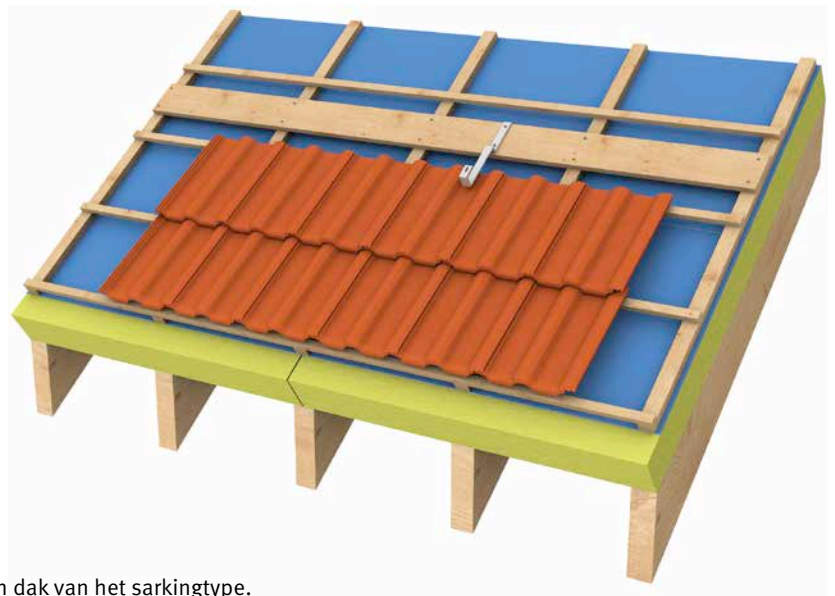
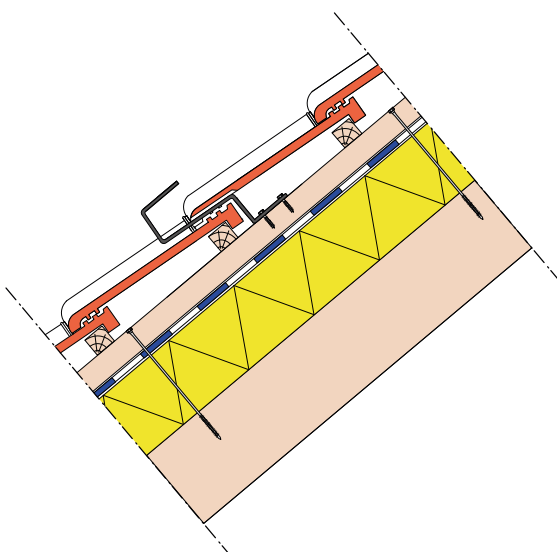
Voor de uitvoering kan men teruggrijpen naar de voorschriften die in België van kracht zijn, hetzij ten minste twee vaste klanken per naad aan de bovenrand van de dakbedekking (zie de TV 'Metalen dakbedekkingen' in voorbereiding). Het

is echter onmogelijk om na te gaan of de dakbedekking daadwerkelijk gerealiseerd werd volgens deze voorschriften.

#### 5.1.4 SARKINGDAKEN

In het geval van een dak van het sarkingtype bevindt het daktimmerwerk zich onder een soms dikke isolatielaag, wat de mechanische bevestiging van de zonnepanelen bemoeilijkt. De tengellatten die gebruikt worden voor deze daken zijn dikker en breder (bv. 30 mm x 50 mm of 40 mm x 60 mm) dan bij klassieke daken, waardoor het mogelijk is om er de haken van de zonne-installatie rechtstreeks in te bevestigen, voor zover voldaan is aan de criteria uit tabel 1 (p. 23). De haken kunnen eveneens bevestigd worden in een element met voldoende sterkte dat zelf in de tengellat bevestigd wordt (zie § 5.1.2.1, p. 21, en afbeelding 33).

Men dient te verifiëren (bv. bij de fabrikant van het sarkingstelsel) of het aantal schroeven of schroefbouten ter



Afb. 33 Bevestiging van een haak in de tengellatten van een dak van het sarkingtype.



bevestiging van de tengellatten in het daktimmerwerk volstaat om de bijkomende belasting die teweeggebracht wordt door de zonnepanelen op te nemen. Deze belasting kan ingeschat worden met behulp van de **rekenmodule** die ter beschikking staat op de WTCB-website (rubriek 'Reken-tools'). In geval van twijfel is het steeds mogelijk om bijkomende schroeven of schoefbouten toe te voegen om de bevestiging van de tengellatten in het daktimmerwerk te verstevigen. Het is afgeraden om zonnepanelen te bevestigen op een sarkingdak dat niet ontworpen werd volgens de aanbevelingen uit de TV 251 [22].

### 5.1.5 AFSTAND TUSSEN DE RAILS VAN DE TUSSEN-CONSTRUCTIE EN DE DAKBEDEKKING

Wanneer er veel dode bladeren op de dakbedekking kunnen terechtkomen, dan dient men een toereikende afstand te voorzien ten opzichte van de rails van de tussenconstructie opdat de bladeren verwijderd zouden kunnen worden. Een opstapeling van dode bladeren op deze plaats zou de normale waterafvoer immers in het gedrang kunnen brengen, met alle infiltraties van dien.

Voor rails die loodrecht op de dakhelling aangebracht zijn, is het aanbevolen om een minimale afstand van 50 mm ten opzichte van de dakbedekking te handhaven (zie afbeelding 34A). Indien de dakbedekkingselementen een golving vertonen, dan dient deze afstand gemeten te worden tussen de rail en het dal van de golf. Er moet eveneens een minimale afstand van 20 mm tussen de rail en de top van de golf gehandhaafd worden. Voor rails die evenwijdig lopen

met de dakhelling, moet er een afstand van 20 mm ten opzichte van de dakbedekking gerespecteerd worden (afbeelding 34B).

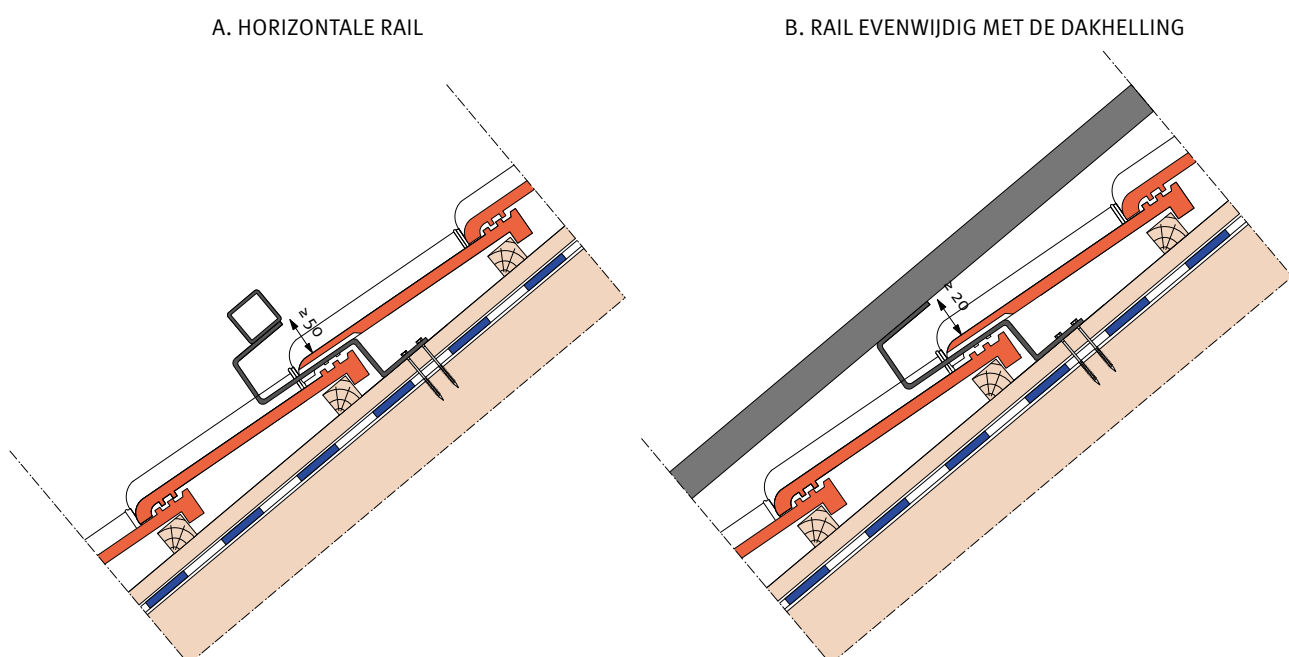
## 5.2 MONTAGE DOOR INTEGRATIE IN DAKBEDEKKINGEN MET PANNEN OF LEIEN

Een montage door integratie wordt veelal uitgevoerd om esthetische redenen. Door deze manier van werken kan men er immers voor zorgen dat het oppervlak van de zonnepanelen minder uit het dakvlak uitsteekt.

De zonnepanelen en het dichtingssysteem moeten specifiek ontworpen zijn voor een montage door integratie. Zelfs indien het dichtingssysteem aangepast kan worden aan de bestaande zonnepanelen, is er immers geen enkele garantie dat ook het zonnepaneel zelf over een toereikende waterdichtheid beschikt om gebruikt te kunnen worden als dakbedekkingselement.

### 5.2.1 POSITIONERING VAN DE ZONNEPANELEN IN HET DAK

Men dient eerst en vooral rekening te houden met de mogelijke beperkingen inzake de toegankelijkheid van het dak (zie § 4.4.2, p. 15). Het is eveneens interessant om de zonnepanelen aan te brengen nabij de nok om de hoeveelheid water dat van de hoger gelegen dakdelen over de waterdichte aansluitingen zou afstromen te beperken. Deze situatie is voorgesteld in afbeelding 35 (p. 32).



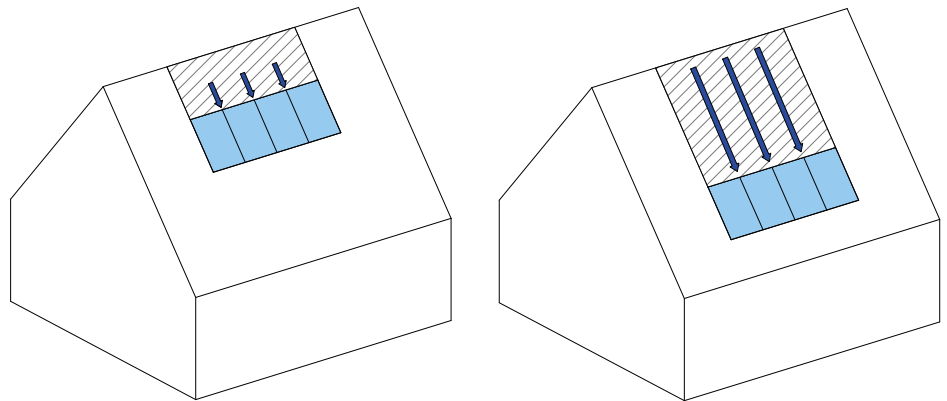
Afb. 34 Afstand tussen de rails en de dakbedekking (afmetingen in mm).

De positie van de zonnepanelen moet zodanig gekozen worden dat er zo weinig mogelijk aanpassingen aan de dakbedekkingselementen doorgevoerd moeten worden. Dit wil zeggen dat men de versnijding ervan moet vermijden, dat de mechanische bevestiging niet in het gedrang mag komen en dat het esthetische uitzicht van het geheel gevrijwaard moet blijven. Wanneer belangrijke aanpassingen aan de dakbedekkingselementen onvermijdelijk zijn en hun mechanische bevestiging problemen oplevert, dan strekt het tot aanbeveling om deze elementen volledig te verwijderen en de aldus ontstane lege ruimte op te vullen door een verbreding van de waterdichte aansluitingen.

Ten slotte moeten de zonnepanelen zodanig geplaatst worden dat er niet geraakt wordt aan de dakbedekkingselementen die zich aan de omtrek van het dak bevinden en soms een specifieke functie hebben (bv. geventileerd nokstuk).

### 5.2.2 MECHANISCHE BEVESTIGING

Zonnepanelen die gemonteerd worden door integratie in de dakbedekking moeten mechanisch bevestigd worden in het daktimmerwerk, hetzij rechtstreeks, hetzij via een element met toereikende sterkte dat zelf in het daktimmerwerk bevestigd is. Net zoals bij een montage door plaatsing



Afb. 35 Invloed van de positie van de zonnepanelen op het debiet van het afstromende water.

bovenop de dakbedekking is een vernagelde assemblage uit den boze.

Men kan dus overwegen om de zonnepanelen in de panlatten te bevestigen, voor zover deze laatste over een voldoende grote doorsnede beschikken en zelf in het daktimmerwerk geschroefd zijn. In de praktijk is de normale doorsnede van de panlatten – zoals gepreciseerd in tabel 5 van de TV 240 [21] – echter ontoereikend om de mechanische bevestiging van de zonnepanelen toe te laten. In dit geval is het noodzakelijk om zijn toevlucht te nemen tot extra panlatten of een bijkomende beplanking met grotere doorsnede of tot specifieke bevestigingsmiddelen die ontworpen werden door de fabrikant.

Er bestaan talloze manieren om de zonnepanelen mechanisch in het daktimmerwerk te bevestigen. Hierna worden ter illustratie twee voorbeelden gegeven. Het eerste voorbeeld, dat voorgesteld wordt in afbeelding 36, toont een zonnepaneel met een specifieke klem die aangepast is aan het kader.

#### Bepaling van de minimale doorsnede van de tussenliggende bevestigingselementen

In de praktijk worden de zonnepanelen bevestigd met behulp van schroeven met een diameter van minstens 4 mm. Volgens tabel 1 (p. 23) moet de doorsnede (dikte x breedte) van de houten bevestigingselementen (beplanking) minstens gelijk zijn aan 24 mm x 40 mm, wat het gebruik van de gewone panlatten uitsluit. Tabel 2 geeft een overzicht van de minimale doorsnede van de bevestigingselementen in functie van de diameter van de gebruikte schroeven.

Tabel 2 Minimale doorsnede van de bevestigingselementen in functie van de schroefdiameter.

| Nominale schroefdiameter | Doorsnede van de tussenliggende bevestigingselementen |                  |
|--------------------------|---|------------------|
|                          | Minimale dikte  | Minimale breedte |
| 4 mm                     | 24 mm   | 40 mm            |
| 5 mm                     | 30 mm   | 50 mm            |
| 6 mm                     | 36 mm   | 60 mm            |
| 7 mm                     | 42 mm   | 70 mm            |
| 8 mm                     | 48 mm   | 80 mm            |

Bij wijze van voorbeeld volstaat een beplanking van 38 x 100 mm voor schroeven van 6 mm.

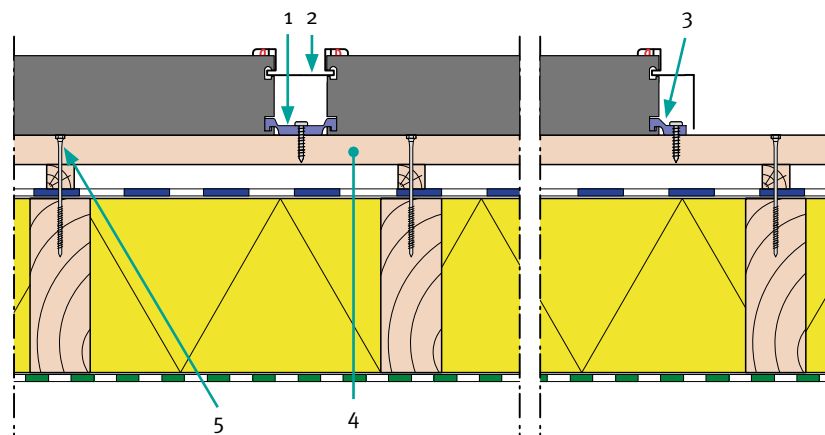
Het tweede voorbeeld, voorgesteld in afbeelding 37, toont een zonnepaneel zonder kader of waarvan het kader niet specifiek aangepast werd. De bevestiging in het daktimmerwerk gebeurt in dit geval met behulp van een element dat vergelijkbaar is met de elementen die gebruikt worden voor de bevestiging van de dakbeglazing (zie TV 221) [19].

### 5.2.3 AFDICHTING

De regendichtheid wordt verzekerd door de aansluitingen aan de bovenrand, de zijranden en de onderrand van de zonnepanelen. De vorm, de afmetingen en de uitvoering ervan moeten verenigbaar zijn met het type, de vorm en de afmetingen van de dakbedekkingselementen, evenals met de dakhelling. Deze aansluitingen moeten mechanisch bevestigd worden op de zonnepanelen en in het daktimmerwerk. Om hun doorboring te vermijden, worden ze doorgaans bevestigd met klampen. In een zone van de aansluiting die niet moet zorgen voor de opvang van het regenwater, kan men eveneens schroeven met een dichtingsring gebruiken. Desgevallend moet de dichtingsring bestand zijn tegen uv-straling. De waterdichte aansluitingen mogen in geen geval – zelfs niet gedeeltelijk – het zonontvangende oppervlak van de zonnepanelen bedekken. Indien dit wel gebeurt, dan zou de opbrengst ervan in het gedrang kunnen komen. Bij fotovoltaïsche cellen zou de levensduur bovendien beperkt kunnen worden.

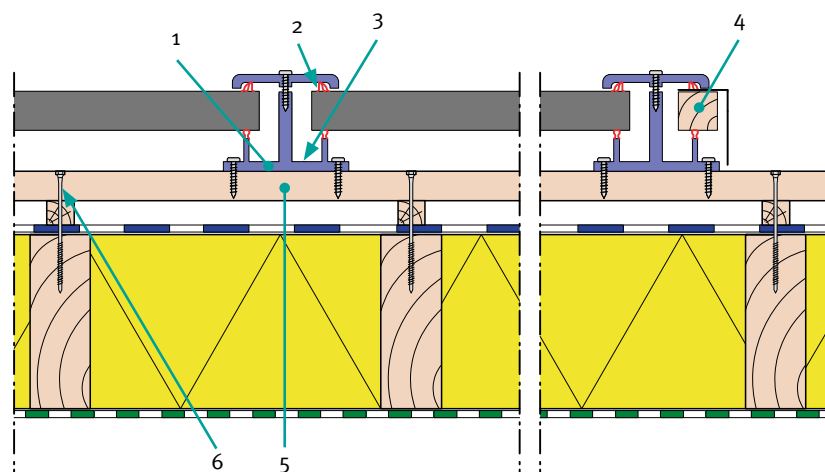
Het onderdak mag geen deel uitmaken van het dichtingssysteem. Dit betekent dat alleen de waterdichte aansluitingen moeten zorgen voor de continuïteit van de regendichtheid en dat de integratie van de zonnepanelen geen bijkomende (regen)belasting mag teweegbrengen op het onderdak. De waterdichte aansluitingen moeten uitgerust zijn met een eigen ontwateringssysteem voor de afvoer van de infiltraties naar de lager gelegen dakdelen of – in voorkomend geval – naar het regenwaterafvoersysteem.

De vraag of het onderdak al dan niet uv-bestendig moet zijn, hangt af van het type zonnepanelen en de plaatsingstechniek. Daar waar vlakke zonnecollectoren steeds ondoorla-



- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1. Tussenliggende klem            | 4. Bijkomende beplanking                     |
| 2. Tussenliggend dichtingselement | 5. Mechanische bevestiging van de beplanking |
| 3. Zijdelingse klem               |  |

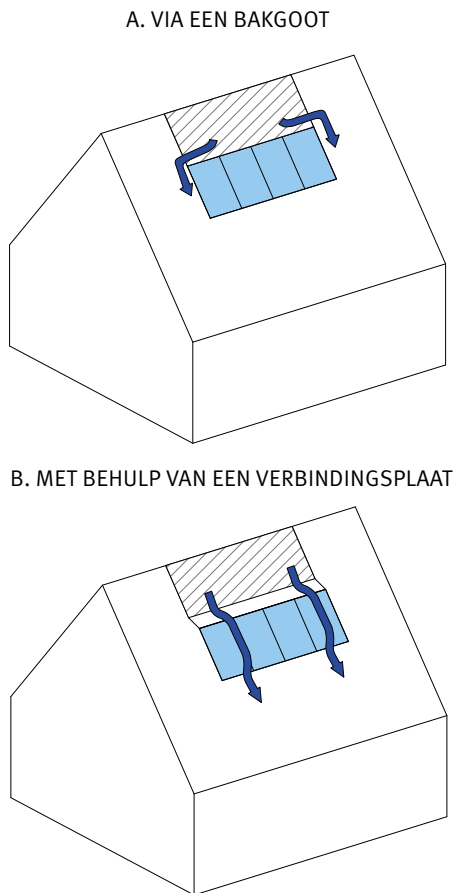
Afb. 36 Mechanische bevestiging van het zonnepaneel met behulp van een specifieke klem die aangepast is aan het kader.



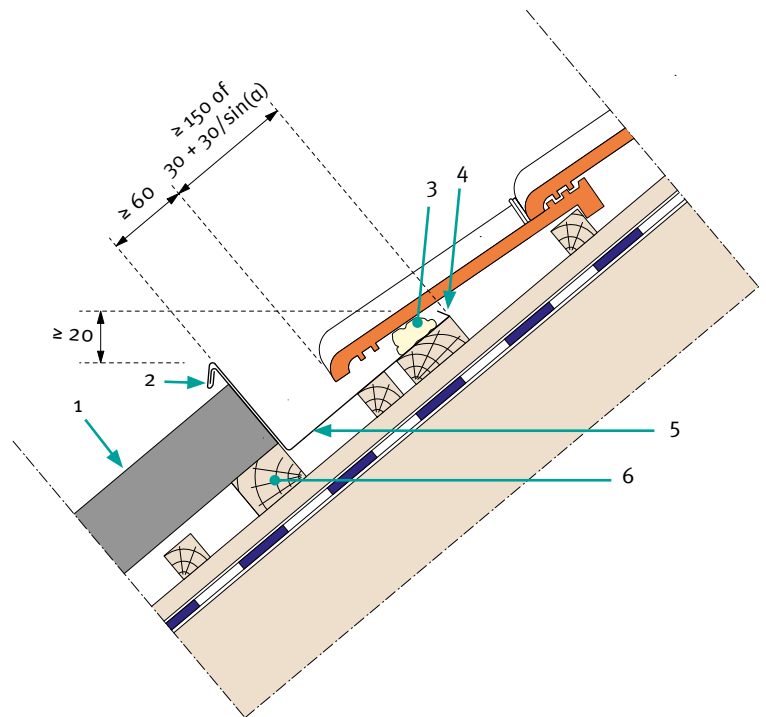
- |                        |  |
|------------------------|--|
| 1. Bevestigingselement | 4. Aansluitlat                               |
| 2. Soepele voeg        | 5. Bijkomende beplanking                     |
| 3. Ontwateringsgroef   | 6. Mechanische bevestiging van de beplanking |

Afb. 37 Mechanische bevestiging van het zonnepaneel met een element dat vergelijkbaar is met de elementen, gebruikt voor de bevestiging van de dakbeglazing.

tend zijn voor uv-straling, is dit niet altijd het geval voor fotovoltaïsche panelen. De meeste fotovoltaïsche panelen zijn aan hun achterzijde voorzien van een kunststofmembraan dat ze beschermt tegen de weersomstandigheden en dat hun duurzaamheid verzekert. Dit membraan laat steeds een geringe hoeveelheid straling door. Er bestaan eveneens panelen die aan hun achterzijde voorzien zijn van een tweede glasplaat die een betere bescherming biedt dan het kunststofmembraan, maar die wel meer straling doorlaat. Dergelijke zonnepanelen kunnen ook op het dak gebruikt worden wanneer er geen zontoetredingsfunctie gevraagd wordt. Ongeacht het geval, kan zelfs een zwakke uv-straling



Afb. 38 De twee belangrijkste uitvoeringswijzen voor de aansluiting aan de bovenrand.



- |                                     |                                    |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Zonnepaneel                      | 4. Plooi                           |
| 2. Waterdichte aansluiting          | 5. Aansluiting van het bakgoottype |
| 3. Onrotbare strook kunststofschuim | 6. Bijkomende lat                  |

Afb. 39 Waterdichte aansluiting van het bakgoottype aan de bovenrand van de zonnepanelen (techniek A – afmetingen in mm).

leiden tot de vroegtijdige veroudering van het onderdak indien dit blootgesteld is en over een ontoereikende uv-bestendigheid beschikt.

De waterdichte aansluitingen aan de omtrek bestaan meestal uit dunne metaalplaten die gevormd worden in het atelier of rechtstreeks op de bouwplaats. De eventuele tussenliggende waterdichte aansluitingen tussen verschillende panelenrijen of -kolommen zijn specifiek voor elk type geïntegreerde plaatsing en moeten uitgevoerd worden volgens de richtlijnen van de fabrikant. Ze vallen echter buiten het bestek van dit document.

## 5.2.4 AANSLUITINGEN TUSSEN DE DAKBEDEKKING EN DE ZONNEPANELEN

### 5.2.4.1 Aansluiting aan de bovenrand

De aansluiting aan de bovenrand laat toe om de continuïteit van de regendichtheid tussen de bovenliggende dakbedekking en de zonnepanelen te verzekeren. Hiertoe kunnen twee technieken gebruikt worden met totaal verschillende

kenmerken:

- ofwel leidt men het van het bovenliggende dak afkomstige afstromende water af naar de zijranden van de zonnepanelen (afbeelding 38A), of, wanneer de installatie te breed is, naar tussenliggende goten
- ofwel laat men het afstromende water zijn koers over de bovenzijde van de zonnepanelen volgen (afbeelding 38B).

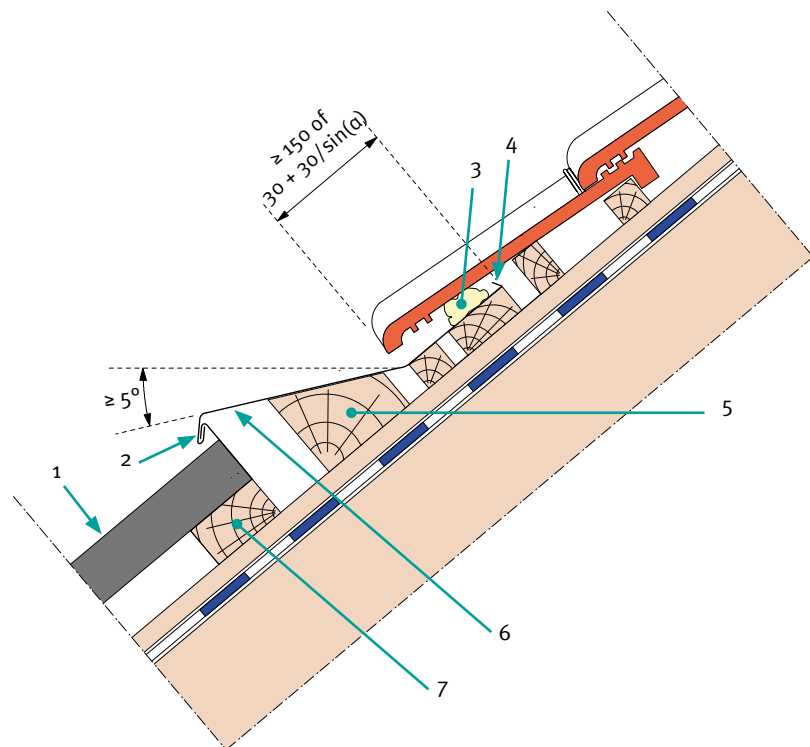
De techniek, voorgesteld in afbeelding 38A, is vergelijkbaar met deze, gebruikt voor dakvensters. Afbeelding 39 geeft het technische uitvoeringsdetail weer. De aansluiting aan de bovenrand is ontworpen zoals een bakgoot die het water van de bovengelegen dakbedekking opvangt en afleidt naar de zijranden van de installatie. De hoeveelheid water die over de zonnepanelen stroomt, is in dit geval dus eerder gering en beperkt zich tot de rechtstreekse regenval. Het debiet dat naar de zijranden afgevoerd wordt, kan daarentegen wel aanzienlijk zijn bij sterke regenval en wanneer het bovenliggende oppervlak groot is, zoals in afbeelding 35 (p. 32). In dit geval moet men de lengte van de bakgoot beperken om te vermijden dat er infiltraties zouden ontstaan tussen de aansluiting aan de bovenrand, de zijdelingse aansluitingen en de dakbedekking. In de praktijk sluit men tussenliggende goten op de

bakgoot aan. Deze liggen tussen de verschillende panelenkolommen en op een maximale tussenafstand van drie meter.

De bakgoot vormt een potentiële opstapingszone voor het afval, afkomstig van de bovenliggende dakbedekking en de buitenomgeving (mos, dode bladeren ...). Om verstopping tegen te gaan en de reiniging ervan toe te laten, moet men een minimale afstand van 60 mm laten (gemeten in het dakvlak) tussen de bakgoot en de bovenliggende dakbedekkings-elementen. Bij gebrek aan aanduidingen van de fabrikant moeten de dakbedekkings-elementen over een minimale afstand van 150 mm de overlapping van de aansluiting aan de bovenrand waarborgen. Deze afstand kan ook berekend worden volgens de formule  $30 + 30/\sin(\alpha)$ , waarbij  $\alpha$  de dakhelling voorstelt. Het hoogteverschil tussen de onderrand en de bovenrand van de bakgoot moet ten minste gelijk zijn aan 20 mm. De bovenrand moet voorzien zijn van een plooï die enerzijds tot doel heeft om het overstromen van de goot bij het opstuwen van water als gevolg van de windwerking tegen te gaan en anderzijds om een bevestiging door klampen toe te laten. De aansluiting tussen de bakgoot en de zonne-installatie moet waterdicht zijn in geval van een overstroming. Deze eisen zijn geïllustreerd in afbeelding 39.

De techniek, voorgesteld in afbeelding 38B, impliceert de aanwezigheid van een verbindingsplaat met een positieve helling tussen de bovenliggende dakbedekking en de bovenzijde van de zonnepanelen. Tussen de bovenliggende dakbedekking en de verbindingsplaat moet er een overlapping van minstens 150 mm gewaarborgd worden. Deze overlapping kan eveneens berekend worden volgens de formule  $30 + 30/\sin(\alpha)$ , waarbij  $\alpha$  de dakhelling voorstelt, of volgens de plaatsingsvoorschriften van de fabrikant. De bovenrand van de aansluiting is voorzien van een plooï die enerzijds tot doel heeft om een gebeurlijke overstroming bij het opstuwen van water als gevolg van de windwerking tegen te gaan en anderzijds om een bevestiging door klampen toe te laten. De helling van de verbindingsplaat moet minstens  $5^\circ$  bedragen. Wanneer de dakhelling vermindert, dan moet de breedte van de aansluiting groter worden om een helling van meer dan  $5^\circ$  te behouden. Dit beïnvloedt uiteraard het esthetische uitzicht van de installatie. Deze eisen zijn geïllustreerd in afbeelding 40.

Deze laatste techniek blijkt in de praktijk beter geschikt voor zonnepanelen dan aansluitingen van het bakgoottype.



- |                                     |            |  |
|-------------------------------------|------------|--|
| 1. Zonnepaneel                      | 4. Plooï   | 6. Aansluiting aan de bovenrand/verbindingsplaat |
| 2. Waterdichte aansluiting          | 5. Afschot | 7. Bijkomende lat                                |
| 3. Onrotbare strook kunststofschuim |            |  |

Afb. 40 Waterdichte aansluiting met behulp van een verbindingsplaat (techniek B – afmetingen in mm).

Laatstgenoemde worden vooral gebruikt voor dakvensters die men ook in geval van regen wenst te kunnen openen.

#### 5.2.4.2 Zijdelingse aansluitingen

De zijdelingse aansluitingen verzekeren de continuïteit van de afdichting tussen de zijranden van de zonnepanelen en de dakbedekking, evenals met de aansluiting aan de bovenrand en de aansluiting aan de onderrand. Men kan twee types aansluitingen onderscheiden:

- aansluitingen van het 'lokettype', waarvan de afmetingen vergelijkbaar zijn met deze van de dakbedekkings-elementen. Ze kunnen gebruikt worden met om het even welk type dakbedekking, maar worden in hoofdzaak toegepast bij leien en tegelpannen
- continue aansluitingen, die voornamelijk gebruikt worden bij sluitingspannen. Ze zijn sneller uitvoerbaar dan loketten en genieten dan ook de voorkeur wanneer dit mogelijk is.

#### ■ Loketten

De loketten bieden eenzelfde type afdichting als de dakbe-



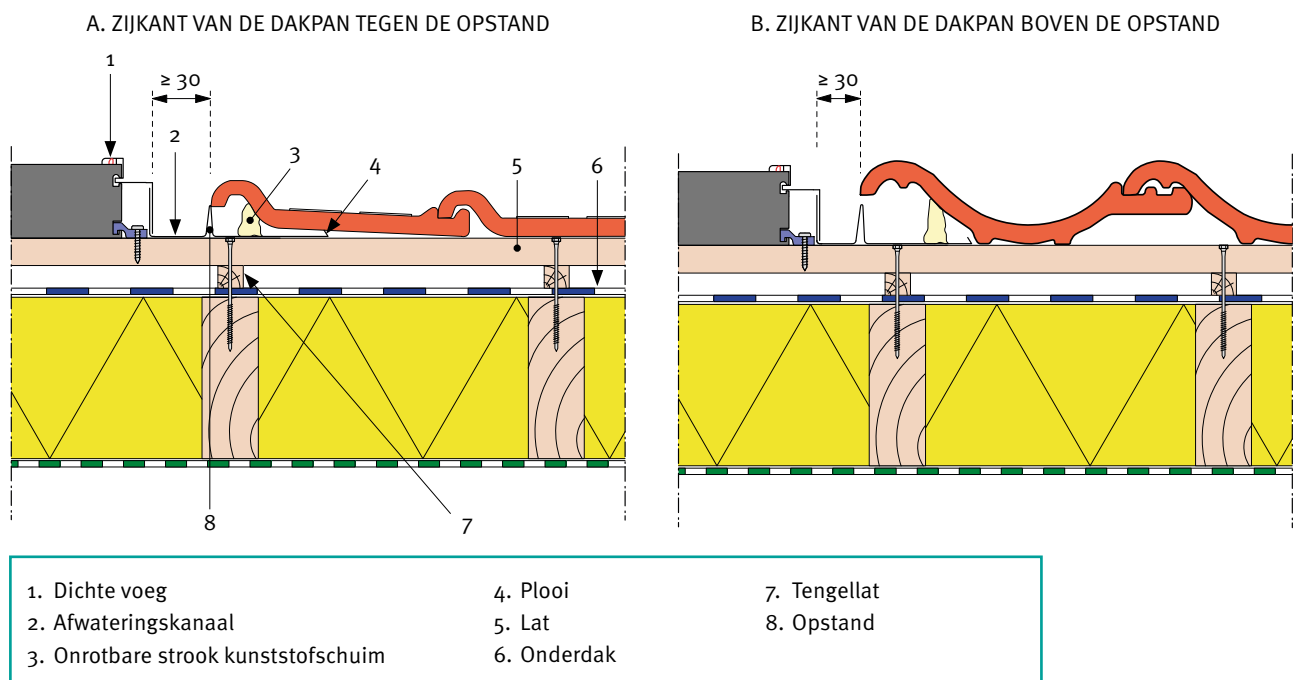
Afb. 41 Aansluiting van het lokettype (links) en continue aansluiting (rechts).

dekkings-elementen. Dit wil zeggen dat ze de overlapping verzekeren in het geval van leien en tegelpannen. De vorm van de loketten moet aangepast zijn aan deze van de dakbedekkings-elementen. Dit zorgt niet alleen voor een betere esthetische integratie, maar ook voor een groter plaatsingsgemak van de verschillende elementen. Men kan tevens een afwateringskanaal (afbeelding 41) tussen de loketten en de zonnepanelen voorzien en dit, om ze te kunnen gebruiken met een aansluiting aan de bovenrand van het bakgoottype.

#### ■ Continue aansluitingen

Om het risico op infiltraties te beperken, is het aanbevolen

om de zijdelingse aansluitingen van een tussenliggende opstand te voorzien. In dit geval wordt er enerzijds een afwateringskanaal gevormd door de omplooiing van de waterdichte aansluiting tegen de zijkant van het zonnepaneel (of van de bevestigingsmiddelen) en anderzijds door een opstand van minstens 25 mm hoog. De breedte van het kanaal is groter dan of gelijk aan 30 mm om te vermijden dat het verstopt zou raken door afval en mos en om de manuele reiniging ervan toe te laten. Naargelang van de vorm van de dakpan, moet de rand ervan ofwel tegen de opstand geplaatst worden (afbeelding 42A), ofwel erboven (afbeelding 42B). Er zijn ook oplossingen zonder tussenliggende opstand mogelijk, voor zover ze beproefd werden en beschikken over een garantie van de fabrikant.



Afb. 42 Details van de zijdelingse aansluitingen (afmetingen in mm).



Voorbij de opstand loopt de zijdelingse aansluiting verder onder de dakpan om de onvermijdelijke waterinfiltraties op te vangen. Ze wordt beëindigd door een plooi die overstroomingen in geval van wind kan tegengaan. De winddichtheid kan eventueel gerealiseerd worden door een onrotbare strook kunststofschuim.

De verlenging van de zijdelingse aansluiting onder de dakpan kan de plaatsing ervan in het gedrang brengen en de uitlijning met de andere dakbedekkings-elementen bemoeilijken. Dit gebeurt vooral bij tegelpannen en wanneer de aansluiting de bevestiging van de ophangneus van de dakpan in de lat verhindert. Men kan eventueel de helft van de neus verwijderen om de uitvoering te vergemakkelijken. De zijdelingse aansluiting wordt ter hoogte van de zonnepanelen beëindigd door een dichte voeg waarvan de uitvoering afhankelijk is van de bevestigingstechniek en het type kader van het zonnepaneel.

Wanneer er meerdere continue aansluitingen nodig zijn om de volledige zijkant van de zonne-installatie te bedekken, moet er een minimale overlapping van 150 mm uitgevoerd worden tussen elk element. Deze overlapping kan eveneens berekend worden volgens de formule  $30 + 30/\sin(\alpha)$ , waarbij  $\alpha$  de dakhelling voorstelt, of volgens de voorschriften van de fabrikant. Dezelfde overlapping is nodig tussen de zijdelingse aansluitingen en de aansluiting aan de bovenrand en de aansluiting aan de onderrand.

#### 5.2.4.3 Aansluiting aan de onderrand

De aansluiting aan de onderrand laat toe om de continuïteit van de rendichtheid tussen de laatste rij zonnepanelen en

de onderliggende dakbedekking veilig te stellen. De afdichting kan volgens twee technieken tot stand gebracht worden:

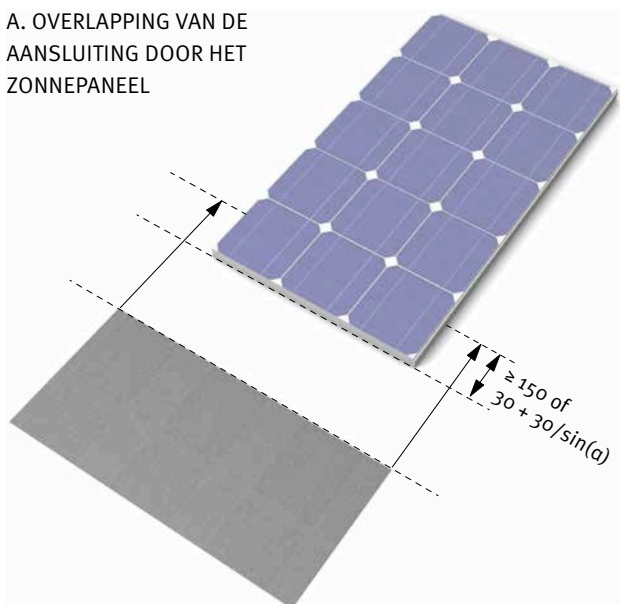
- door overlapping van de waterdichte aansluiting door het zonnepaneel (afbeelding 43A)
- met behulp van een specifiek profiel dat aangesloten wordt op het zonnepaneel (afbeelding 43B).

De **techniek, voorgesteld in afbeelding 43A**, impliceert de overlapping van de waterdichte aansluiting door het zonnepaneel over een minimale afstand van 150 mm. Deze afstand kan ook berekend worden volgens de formule  $30 + 30/\sin(\alpha)$ , waarbij  $\alpha$  de dakhelling voorstelt, of volgens de voorschriften van de fabrikant. Het technische uitvoeringsdetail is voorgesteld in afbeelding 44 (p. 38).

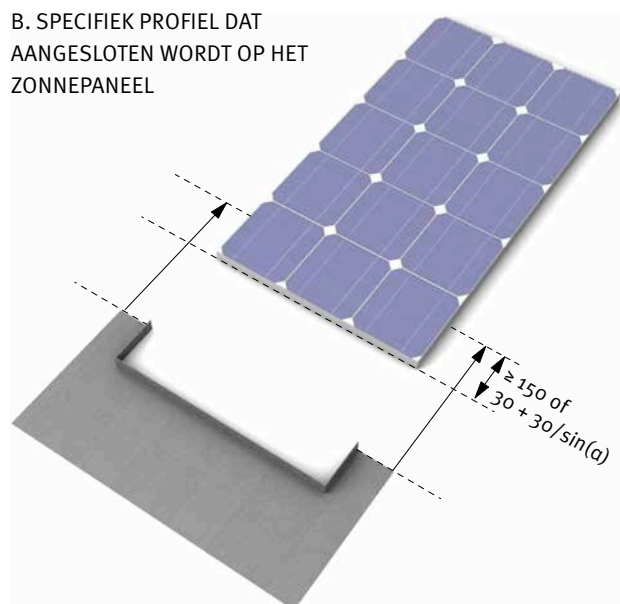
De waterdichte aansluiting is aan de bovenzijde voorzien van een plooi die enerzijds tot doel heeft om het opstuwen van water als gevolg van de windwerking tegen te gaan en anderzijds om een bevestiging door klampen toe te laten. De afstand tussen de zonnepanelen en het dak kan variëren volgens de toegepaste bevestigingswijze. In bepaalde gevallen staan de zonnepanelen bijna in contact met de waterdichte aansluiting, terwijl er in andere gevallen een afstand van meerdere centimeters aanwezig is. Wanneer de tussenafstand aanzienlijk is, dan is het aanbevolen om een strook kunststofschuim of een plaat aan te brengen om het opstuwen van water als gevolg van de windwerking tegen te gaan.

De **techniek, voorgesteld in afbeelding 43B**, vereist een specifiek dichtingsprofiel dat vergelijkbaar is met de profielen die gebruikt worden voor dakvensters. Dit profiel komt tot boven de zijrand van de zonnepanelen (of de bevestigingsmiddelen) en moet toelaten om een dichte verbinding tot stand te bren-

A. OVERLAPPING VAN DE AANSLUITING DOOR HET ZONNEPANEEL



B. SPECIFIEK PROFIEL DAT AANGESLOTEN WORDT OP HET ZONNEPANEEL



Afb. 43 Aansluiting aan de onderrand (afmetingen in mm).

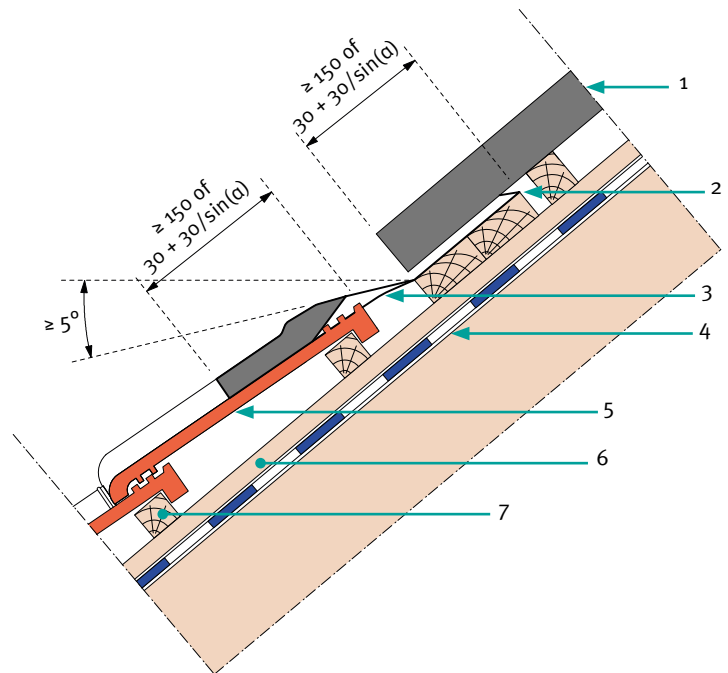
gen. Deze aansluiting moet bovendien over een minimale afstand van 150 mm opgeplooid worden langs de zijranden van de zonnepanelen in de richting van de bovenliggende dakbedekking om een dichte verbinding met de zijdelingse waterdichte aansluitingen te verzekeren. Deze afstand kan eveneens berekend worden volgens de formule  $30 + 30/\sin(\alpha)$ , waarbij  $\alpha$  de dakhelling voorstelt, of volgens de voorschriften van de fabrikant.

Hoewel beide technieken zonder meer toegepast kunnen worden, blijkt de techniek A makkelijker uitvoerbaar te zijn dan de techniek B. Deze laatste is beter geschikt voor dakvensters die een volledige opening in de dakopbouw afbakenen en waarvoor er geen enkele overlapping mogelijk is. Bovendien moet de aansluiting aan de onderrand verenigbaar zijn met de zijdelingse aansluitingen, wat impliceert dat deze laatste volgens hetzelfde principe ontworpen moeten zijn om de waterdichte afwatering mogelijk te maken.

Ongeacht de gekozen techniek, dient men de waterdichtheid ter hoogte van de onderliggende dakbedekking te verzekeren dankzij de overlapping van de dakbedekkings-elementen door de waterdichte aansluiting (zie afbeeldingen 44 en 45). Bij gebrek aan aanduidingen van de fabrikant dient men de overlapping uit te voeren over een minimale afstand van 150 mm. Deze afstand kan eveneens berekend worden volgens de formule  $30 + 30/\sin(\alpha)$ , waarbij  $\alpha$  de dakhelling voorstelt. Om de invloed van de wind, die de waterdichte aansluiting zou kunnen oplichten, te beperken, moet men deze laatste goed aansluiten op de dakbedekkings-elementen.

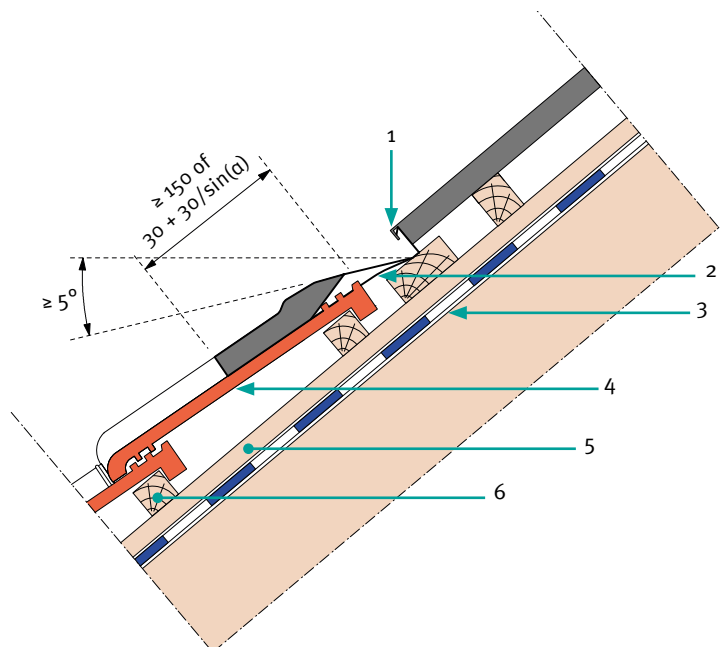
Om zich goed te kunnen aanpassen aan elementen met een golfvorm, zijn de aansluitingen soms opgebouwd uit een soepel gedeelte (bv. uit geplooid metaalfolie of lood) dat lichtjes behaerd wordt om de vorm van de golf aan te nemen. In aanwezigheid van vlakke dakbedekkings-elementen maakt men gebruik van stijve metaalfolies die idealiter vooraf geplooid worden in de lengterichting om een lichte druk op de dakbedekking uit te oefenen (afbeelding 46).

Als er meerdere metaalfolies nodig zijn om de aansluiting aan de onderrand veilig te stellen, dan kan men de zijdelingse verbinding tussen twee opeenvolgende folies creëren door een overlapping van minstens 150 mm. Bij gegolfde dakpannen moet de overlapping minstens overeenstemmen met de lengte van een golf (afbeelding 47).



- |                |              |
|----------------|--------------|
| 1. Zonnepaneel | 5. Dakpan    |
| 2. Plooi       | 6. Tengellat |
| 3. Aansluiting | 7. Lat       |
| 4. Onderdak    |              |

Afb. 44 Afdichting aan de onderrand door overlapping (techniek A – afmetingen in mm).



- |                      |              |
|----------------------|--------------|
| 1. Specifiek profiel | 4. Dakpan    |
| 2. Aansluiting       | 5. Tengellat |
| 3. Onderdak          | 6. Lat       |

Afb. 45 Afdichting met behulp van een specifiek profiel (techniek B – afmetingen in mm).



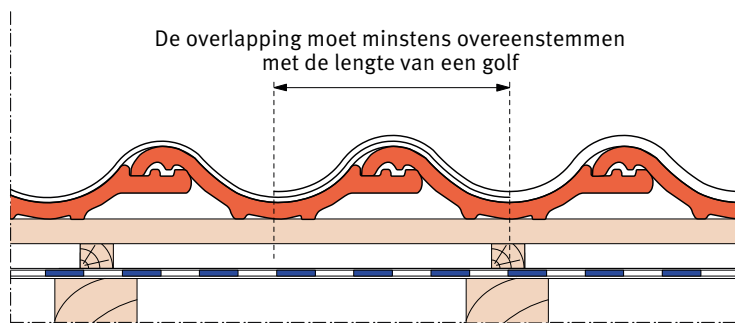
A. SOEPELE METAALFOLIE



B. STIJVE METAALFOLIE



Afb. 46 Overlapping aan de onderrand met behulp van een metaalfolie.



Afb. 47 Overlapping in het dal van de golf in het geval van gegolfde dakpannen.

De waterdichte aansluiting aan de onderrand moet eveneens aan de volgende vereisten voldoen:

- ze moet de volledige breedte van de zonne-installatie bedekken, met inbegrip van de zijdelingse waterdichte aansluitingen, evenals minstens één bijkomend dakbedekkingselement aan elk uiteinde
- ze moet een positieve helling van minstens 5° vertonen (de helling mag plaatselijk negatief zijn aan de top van de golf van een gegolfde dakpan)
- indien het materiaal na verloop van tijd onderhevig wordt aan kruip (bv. lood), dan moet het over zijn volledige oppervlak ter plaatse gehouden worden door middel van een steunlat onder helling.

### 5.3 DOORVOER VAN KABELS EN LEIDINGEN

Zowel voor zonnecollectoren als voor fotovoltaïsche installaties is het noodzakelijk dat de op het dak geplaatste panelen aangesloten worden op de rest van de installatie die zich doorgaans binnenin het gebouw bevindt (warmwateropslagtank, omvormer ...). Elke doorboring van het dak voor de

doorvoer van elektrische kabels of warmtevoerende leidingen moet zodanig uitgevoerd worden dat de integriteit van het dak niet in het gedrang komt. Bovendien moet het aantal doorboringen tot een minimum beperkt worden.

De aanbevelingen voor de uitvoering van de aansluitingen ter hoogte van de verschillende samenstellende lagen van het dak zijn hierna beschreven. Het globale schema van een doorboring is weergegeven in afbeelding 48 (p. 40) voor een geïsoleerde warmtevoerende leiding.

Er moet bijzondere aandacht besteed worden aan warmtevoerende leidingen. De temperatuur ervan kan immers oplopen tot zo'n 150 à 200 °C in de nabijheid van het zonnepaneel wanneer de circulatiepomp buiten werking is. Deze leidingen moeten verplicht geïsoleerd worden met behulp van een materiaal dat op duurzame wijze weerstand kan bieden tegen dergelijke temperaturen en dit, niet alleen om warmteverliezen te voorkomen, maar ook om de nabijgelegen brandbare materialen, zoals bijvoorbeeld het onderdak, de isolatie, het dampscherm en de houten onderdelen van het daktimmerwerk, te beschermen. In de technische fiche

van de verschillende producten moet de maximaal toelaatbare temperatuur aangegeven zijn.

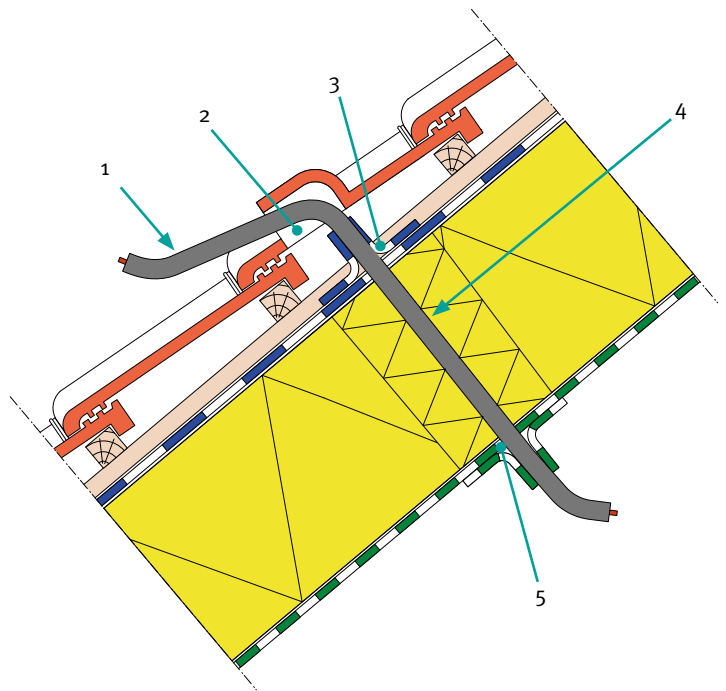
De uitvoeringsomstandigheden (bv. toegankelijkheid van de werkzone, properheid van de bouwplaats ...) hebben een belangrijke invloed op de kwaliteit en de duurzaamheid van de aansluitingen (bv. afwezigheid van stof op de zelfklevende stroken).

### 5.3.1 DOORBORING VAN DE DAKBEDEKKING

Het is afgeraden om warmtevoerende leidingen en elektrische kabels door de overlapping tussen twee rijen dakbedekkingselementen te laten passeren. Dit zou hun correcte sluiting en hun waterdichtheid immers kunnen benadelen. De druk die door de dakbedekkingselementen uitgeoefend wordt op de kabels en de leidingen, zou in combinatie met de beweging ervan onder invloed van de wind of de thermische uitzetting, aanleiding kunnen geven tot schade. Het strekt bijgevolg tot aanbeveling om gebruik te maken van hulpstukken die speciaal met dit oogmerk ontwikkeld werden (afbeelding 50). Bepaalde hulpstukken hebben een opening met variabele diameter waardoor ze aangepast kunnen worden aan de verschillende diameters van de elektrische kabels en warmtevoerende leidingen.

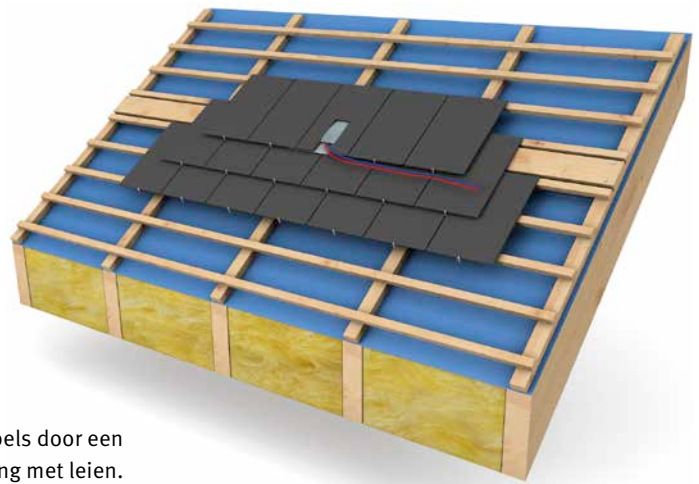
Het is eveneens mogelijk om bepaalde dakbedekkingselementen aan te passen om de doorvoer van kabels of leidingen toe te laten. Het principe is hetzelfde als voor de plaatsing van bevestigingshaken. Dit wordt in afbeelding 49 voorgesteld voor het geval van een dakbedekking met leien.

Bij bepaalde montages door integratie komen de kabels en leidingen rechtstreeks onder de dakbe-



- |                                       |                                  |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Geïsoleerde warmtevoerende leiding | 4. Doorboring van de isolatie    |
| 2. Doorboring van de dakbedekking     | 5. Doorboring van het dampscherm |
| 3. Doorboring van het onderdak        |                                  |

Afb. 48 Doorvoer van een warmtevoerende leiding doorheen het dak.



Afb. 49 Doorvoer van elektrische kabels door een dakbedekking met leien.



Afb. 50 Specifieke hulpstukken voor de doorvoer van kabels en leidingen.

A. OVERLAPPING TUSSEN TWEE MEMBRANEN



B. SPECIFIEK HULPSTUK DAT OP HET ONDERDAK VERLIJMD WORDT



Afb. 51 Aansluiting ter hoogte van de doorboringen van het onderdak.

dekking uit, waardoor deze niet doorboord hoeft te worden. Voor thermische systemen met terugloop kan men teruggrijpen naar de voorschriften uit § 5.2.3 van de TV 212 [12]. Deze hebben tot doel om de automatische terugkeer van de warmtevoerende vloeistof naar het terugloopreservoir te waarborgen wanneer de circulatiepomp buiten werking is.

### 5.3.2 DOORBORING VAN HET ONDERDAK

De doorboringen van het onderdak moeten zo klein en keurig mogelijk zijn. De doorboorde zone moet beschermd worden tegen het eventuele afstromende water dat afkomstig is van het bovenliggende dak, bijvoorbeeld door de positie van de opening lichtjes te verhogen ten opzichte van het dakvlak:

- in het geval van een **stijf onderdak** is het aanbevolen om gebruik te maken van een klokzaag of een boor met een aangepaste diameter. De wind- en waterdichtheid aan de omtrek van de doorboring moet vervolgens verzekerd worden, bijvoorbeeld met behulp van een specifiek hulpstuk dat op het onderdak verlijmd wordt (afbeelding 51B)
- voor **soepele onderdaken** kan de doorvoer tot stand gebracht worden door de overlapping tussen twee membranen (afbeelding 51A). In voorkomend geval is het aanbevolen om de aansluiting goed gesloten te houden, bijvoorbeeld door gebruik te maken van een zelfklevende tape die speciaal voor dit gebruik voorzien is. Dankzij de overlapping tussen de membranen is het niet noodzakelijk om de doorboring op een hoger peil te brengen. Het is eveneens mogelijk om een kruisvormige insnijding te maken in het membraan. De wind- en waterdichtheid aan de omtrek van de doorboring moet vervolgens verzekerd worden, bijvoorbeeld door middel van een specifiek hulpstuk dat op het onderdak verlijmd wordt (afbeel-

ding 51B). Men dient er bovendien op toe te zien dat de insnijdingen achteraf niet verder gaan scheuren, bijvoorbeeld door gebruik te maken van een zelfklevende tape die speciaal voor dit gebruik voorzien is.

Wanneer men zelfklevende producten op het onderdak verlijmt, dient men in het achterhoofd te houden dat de duurzaamheid van de assemblage sterk afhankelijk zal zijn van de reinheid en van de mogelijkheid om tijdens de assemblage een grote manuele druk uit te oefenen op de onderdelen.

### 5.3.3 DOORBORING VAN DE ISOLATIE

De plaatsing van de zonnepanelen gebeurt doorgaans aan het einde van de bouwwerken, wanneer de dakisolatie reeds aanwezig is. De doorvoer van de elektrische kabels en de warmtevoerende leidingen vereist bijgevolg dat de isolatielaag plaatselijk en tijdelijk weggenomen wordt om een correcte toegang te krijgen tot de werkzone. De lengte van de kabels en leidingen die door het dak passeren moet zo kort mogelijk gehouden worden en de doorvoer moet rechtlijnig zijn en loodrecht ten opzichte van het dakvlak. Zodra de kabels en de leidingen geïnstalleerd zijn, moet de isolatie zorgvuldig teruggeplaatst worden, waarbij men erop dient toe te zien dat er geen lege ruimten gelaten worden.

### 5.3.4 DOORBORING VAN HET DAMPSCHERM

De afdichting van de doorboringen van het dampscherm wordt bij voorkeur gerealiseerd met behulp van soepele kragen die aangepast zijn aan de diameter van de kabel of de leiding (afbeelding 52, p. 42). Om een betere afdichting te

waarborgen, plaatst men de kraag op hetzelfde ogenblik als de kabel of de leiding, alvorens deze aangesloten wordt. De kraag mag in geen geval achteraf doorgesneden en geplaatst

worden. Voor meer informatie met betrekking tot de luchtdichtheid van gebouwen verwijzen we de geïnteresseerde lezer naar de [TV 255](#) [24].

GROTE OPENING VOOR EEN WARMTEVOERENDE LEIDING  
(ZONNEBOILER)



TWEE KLEINE OPENINGEN VOOR TWEE KABELS  
(FOTOVOLTAÏSCH PANEEL)



Afb. 52 Zelfklevende kragen voor de doorvoer van een leiding of twee kabels (foto's: WTCB).



# 6

## KEUZE VAN DE MATERIALEN

De materialen die gebruikt worden voor de montage van zonnepanelen – en dit zowel door integratie in de dakbedekking als door plaatsing bovenop de dakbedekking – moeten ontworpen zijn voor een toepassing op daken. Dit betekent dat ze onder normale plaatsings- en gebruiksvoorwaarden bestand moeten zijn tegen de weersinvloeden, dat ze chemisch en elektrochemisch verenigbaar moeten zijn en ook correct gedimensioneerd. Zo niet, dan bestaat het gevaar dat ze hun functie niet correct of gedurende een ontoereikende tijdspanne (lager dan de levensduur die voorzien werd voor de zonnepanelen) zouden vervullen. Door te opteren voor materialen met specifieke eigenschappen, die voorzien werden van een bijkomende behandeling of die beschikken over een toereikende dikte, kan men de duurzaamheid waarborgen. Bij het ontwerp van zonnepaneleninstallaties en hun toebehoren dient men rekening te houden met een minimale levensduur van 20 jaar, mits een onderhoud dat uitgevoerd wordt volgens de richtlijnen van de installateur of de fabrikant.

De materialen zijn onderhevig aan variabele belastingen naargelang van hun positie in het dak. In de regel wordt er een onderscheid gemaakt tussen elementen die zich boven en onder de dakbedekking bevinden:

- de **elementen die zich onder de dakbedekking bevinden**, staan bloot aan temperaturen gelegen tussen 80 °C in de zomer en -20 °C in de winter. Ze zijn onderhevig aan korte thermische-uitzettingscycli, bijvoorbeeld tussen de dag en de nacht. Ze staan eveneens bloot aan chemische aantastingen door de omgeving, zoals zilte nevel in de kuststreek of de uitstoot van gassen in een industrie- of landbouwzone. Ze kunnen in contact komen met condensatie en in beperkte mate blootgesteld worden aan ultraviolette zonnestraling
- de **elementen die zich boven de dakbedekking bevinden**, staan niet alleen bloot aan de hiervoor opgesomde belastingen, maar ook aan neerslag en een intensere ultraviolette zonnestraling.

### 6.1 VERSCHILLENDE BESCHADIGINGSWIJZEN

#### 6.1.1 ULTRAVIOLETTE ZONNESTRALING

Ultraviolette zonnestraling leidt tot een vertering van de



meeste synthetische materialen. Onbeschermde synthetische materialen mogen niet blootgesteld worden aan zonlicht. Een zonnestraling van zwakke intensiteit, zoals kan voorkomen onder bepaalde dakpantypes of fotovoltaïsche panelen kan op lange termijn bovendien leiden tot de beschadiging of vernietiging van de blootgestelde materialen. Een slechte sluiting tussen de dakbedekkings-elementen kan eveneens licht doorlaten.

Bij installaties met zonnecollectoren en fotovoltaïsche panelen worden er regelmatig hulpstukken uit synthetische materialen gebruikt: kokers voor elektrische kabels, kabelklemmen, isolatie van warmtevoerende leidingen, afdichtingslabben ... Men dient de fabrikant te raadplegen om te weten te komen of deze al dan niet bestand zijn tegen ultraviolette zonnestraling en zonder bijkomende bescherming gebruikt mogen worden op een dak.

#### 6.1.2 MECHANISCHE AANTASTING

Hulpstukken die zich in de buitenomgeving bevinden, kunnen onderhevig zijn aan mechanische belastingen en moeten in voorkomend geval beschermd worden. Tot de meest frequente schadeoorzaken behoren onder meer dieren (knaagdieren, vogels), wrijving en het belopen van het dak



door personen. Aangezien ze in de regel minder goed bestand zijn tegen mechanische belastingen, kunnen synthetische materialen beschermd worden door een steviger omhulsel zoals een metalen koker. Dit omhulsel kan eventueel ook dienst doen als bijkomende bescherming tegen ultraviolette straling.

### 6.1.3 CORROSIE VAN METALEN

Corrosie van metalen elementen treedt op in aanwezigheid van water of vocht en kan geaccentueerd worden in een agressief milieu <sup>(5)</sup>, zoals in de kuststreek, in industriezones of stallen.

Naargelang van het materiaal kan de gevormde oxidatielaag al dan niet doorlaatbaar zijn voor lucht en water. In het eerste geval (bv. onbeschermd of onvoldoende beschermd staal) zal de oxidatielaag de latere beschadiging van het materiaal niet kunnen verhinderen, wat zal leiden tot een verlies van dikte en een vermindering van de mechanische prestaties. In het tweede geval (bv. roestvast staal) zal de oppervlakkige oxidatielaag het materiaal op duurzame wijze beschermen. Deze patina is echter niet altijd toereikend en bepaalde milieus zijn dermate agressief dat het gevormde oxide geen blijvende bescherming kan bieden.

In het kader van deze Technische Voorlichting worden er drie verschillende situaties beschouwd om de agressiviteit van het milieu waartegen het materiaal op duurzame wijze weerstand moet kunnen bieden voor te stellen:

- niet-agressief milieu onder de dakbedekking
- niet-agressief milieu boven de dakbedekking
- agressief milieu onder of boven de dakbedekking.

### 6.1.4 GALVANISCHE CORROSIE

Galvanische corrosie treedt op wanneer twee metalen met een verschillend elektrochemisch potentiaal met elkaar in contact komen, hetzij rechtstreeks, hetzij via een elektrolyt (bv. regenwater). Het minst edele metaal lost op en zet zich af op het meest edele metaal. Het element dat opgebouwd is uit het minst edele metaal zal dus progressief zijn materie beginnen te verliezen. Dit verschijnsel wordt kritiek wanneer het element dat opgebouwd is uit het minst edele metaal eerder klein is in vergelijking tot het element dat opgebouwd is uit het meest edele metaal. Let wel dat het elektrochemische potentiaal enkel informatie oplevert over het theoretische corrosierisico en dus niet over het reële corrosierisico, dat eveneens afhangt van de natuurlijk gevormde patina.

<sup>(5)</sup> Evenals door contact met bepaalde houtsoorten of bitumineuze membranen.

## 6.1.5 THERMISCHE UITZETTING EN SCHEURVORMING

De opeenvolging van thermische-uitzettingscycli kan leiden tot de breuk of scheuring van bepaalde elementen. Dit fenomeen zal des te omvangrijker worden naarmate de uitzettingscoëfficiënt en/of de lengte van het element groter zijn. Om dit probleem tegen te gaan, kan men de lengte van de gebruikte elementen beperken of bevestigingsmiddelen gebruiken die de bewegingen van de elementen in bepaalde richtingen niet belemmeren.

De temperatuur van de materialen die zich op het dak bevinden kan in een tijdspanne van enkele uren met meerdere tientallen graden wijzigen. Een opwarming gaat gepaard met een verlenging die sterk kan verschillen van materiaal tot materiaal. De verlenging ( $\Delta L$ ) is afhankelijk van het temperatuurverschil ( $\Delta T$ ), van de referentielengte  $L_0$  en de thermische-uitzettingscoëfficiënt  $\alpha$  (zie tabel 3) en wordt uitgedrukt volgens de formule  $\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_0$ .

Tabel 3 Indicatieve waarde van de thermische-uitzettingscoëfficiënt van verschillende materialen.

| Materiaal          | Thermische-uitzettingscoëfficiënt $\alpha$ |
|--------------------|--|
| Roestvast staal    | $10 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$            |
| Gewoon staal       | $12 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$            |
| Aluminium          | $25 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$            |
| Lood               | $29 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$            |
| Zink               | $35 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$            |
| Polypropyleen (PP) | $150 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$           |
| Polyethyleen (PE)  | $280 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$           |

Bij wijze van voorbeeld zal een rail uit aluminium van 6 m 9 mm langer worden onder invloed van een temperatuurvariatie van 60 °C. Een dergelijke dimensionale schommeling moet met de nodige aandacht behandeld worden.

## 6.2 KEUZE VAN DE MATERIALEN

Op basis van de hiervoor vermelde theoretische beschouwingen kunnen er een aantal praktische oplossingen voorgesteld worden voor de frequentste configuraties.

### 6.2.1 HAKEN

Hoewel de haken gedeeltelijk beschermd zijn door de zonnepanelen, zijn ze wel rechtstreeks blootgesteld aan de weersinvloeden. In een agressief milieu moeten ze vervaar-

digd zijn uit roestvast staal van het type A4 <sup>(6)</sup> of uit een materiaal met een equivalente corrosiebestendigheid, bv. warmverzinkt staal (laagdikte minimum 85 µm). In een weinig agressief milieu kunnen ze vervaardigd zijn uit roestvast staal van het type A2 <sup>(7)</sup>, uit warmverzinkt staal (laagdikte minimum 55 µm) of uit een aluminiumlegering (reeks 5XXX of 6XXX, geanodiseerd of gecoat).

### 6.2.2 SCHROEFWERK VOOR DE HAKEN

De schroeven en schroefbouten ter bevestiging van de haken in het daktimmerwerk zijn beschermd tegen neerslag, maar kunnen wel in contact komen met de buitenomgeving en met condensatie. In een agressief milieu moeten ze vervaardigd zijn uit roestvast staal van het type A4 <sup>(6)</sup> of een equivalente bescherming bieden. In een weinig agressief milieu moeten ze beantwoorden aan de geldende eisen voor de mechanische bevestiging van houten elementen.

Om te vermijden dat de beschermende coating (bv. galvanisatie) van de schroeven aangetast zou raken of dat de schroeven zouden breken tijdens de montage, strekt het tot aanbeveling om deze niet op geforceerde wijze in het hout te duwen, maar de natuurlijke schroefsnelheid te respecteren.

### 6.2.3 DICHTINGSPROFIELEN

De dichtingsprofielen bestaan in de regel uit zink, lood, koper, aluminium of kunststof. Voornoemde metalen beschikken over een goede corrosiebestendigheid dankzij de vorming van een oppervlakkige oxidatielaag. Bij de vorming van deze patina kunnen de profielen enigszins van uitzicht veranderen en kunnen er druijsporen op de onderliggende elementen ontstaan. Men dient absoluut te vermijden dat deze druijsporen zouden terechtkomen op het

beglaasde oppervlak van de zonnepanelen. De dichtingsprofielen kunnen tijdens hun fabricage of op de bouwplaats voorzien worden van een specifieke beschermingslaag (bv. lak) die toelaat om de vorming van de patina en de hiermee gepaard gaande druijsporen tegen te gaan. Men dient erop toe te zien dat deze beschermingslaag niet beschadigd raakt tijdens de werken op het dak.

Het strekt tot aanbeveling om hetzelfde materiaal te gebruiken voor alle waterdichte aansluitingen. Daar waar er bij de combinatie van zink, lood en roestvast staal geen bijzondere voorzorgen getroffen moeten worden, geldt dit niet voor aluminium. Dit laatste metaal mag immers niet in contact komen met lood. Verder gebruikt men best geen koper in combinatie met zink, aluminium of lood. Om de druijsporen die gepaard gaan met de vorming van de patina tegen te gaan, gebruikt men best geen lood boven de zonnepanelen. Er bestaan geplooide profielen uit zink en aluminium die zeer goed aangepast kunnen worden aan de vorm van de dakpannen en die eventueel gebruikt kunnen worden ter vervanging van de loden elementen.

De aanbevolen dikte voor de dichtingsprofielen schommelt doorgaans tussen 0,5 mm en 2 mm naargelang van het type materiaal en het gebruik ervan (bv. zelfdragend dan wel ondersteund). Men dient dus de nodige inlichtingen in te winnen bij de fabrikant.

De lengte van de elementen stelt gewoonlijk geen problemen, behalve dan voor lood, dat kan scheuren door toedoen van opeenvolgende thermische-uitzettingscycli. Het gebruik van geplooid lood kan dit probleem enigszins inperken, waardoor er grotere lengtes mogelijk zijn. Voor grotere lengtes zal het – ongeacht het materiaal – noodzakelijk zijn om te verifiëren of de thermische uitzetting van de profielen verenigbaar is met de gekozen uitvoeringstechniek. Zo niet, dan moeten de afmetingen van de profielen beperkt worden en dient men waterdichte overlappingsen te realiseren.

<sup>(6)</sup> Roestvast staal van de kwaliteit X5CrNiMo17 2 2 volgens de norm NBN EN 10088-1 of van de kwaliteit 316 volgens het AISI (*American Iron and Steel Institute*).

<sup>(7)</sup> Roestvast staal van de kwaliteit X5CrNi 18-10 volgens de norm NBN EN 10088-1 of van de kwaliteit 304 volgens het AISI.



# 7

## BEHEER VAN HET PROJECT

Om te komen tot een kwalitatieve uitvoering van zonnepanelen op een dak, dient er bijzondere aandacht uit te gaan naar de volgende aspecten:

- de haalbaarheidsstudie
- de montage van de installatie
- de toegankelijkheid van het dak
- de demontage- en vervangingsmogelijkheden.

### 7.1 HAALBAARHEIDSTUDIE

De haalbaarheidsstudie is de eerste stap die toelaat te bepalen of het dak al dan niet geschikt is om voorzien te wor-

den van de gewenste zonne-installatie. Indien dit na afloop van deze studie niet het geval mocht blijken, dan moeten er bepaalde wijzigingen doorgevoerd worden aan het dak, de zonnepanelen of de bevestigingstechnieken, opdat het geheel compatibel zou zijn.

De haalbaarheidsstudie vergt een plaatsbeschrijving van het dak waarbij een aantal punten onderzocht dienen te worden. De belangrijkste ervan zijn opgenomen in een checklist in de bijlage (p. 53).

De haalbaarheidsstudie moet in elk geval een antwoord bieden op de hierna geformuleerde vragen.

#### ***Heeft het dak een levensduur die langer is dan deze van de zonne-installatie?***

Voor een correct ontworpen en onderhouden zonne-installatie mag men rekenen op een levensduur van minstens 20 jaar. Indien de resterende levensduur van het dak korter is dan 20 jaar, dan zullen de toekomstige herstellingswerken noodgedwongen gepaard gaan met de volledige demontage van de zonnepanelen en het bevestigings- en dichtingssysteem. Dit leidt tot een bijkomend risico op schade aan de onderdelen van de zonne-installatie. Het is eveneens nuttig om na te gaan welke bestemming de ruimten onder het dak zullen krijgen, met name wanneer er geen onderdak aanwezig is. Voor de correcte uitvoering van de thermische isolatie is er immers een onderdak nodig. Indien dit achteraf aangebracht moet worden, dan zal men de zonne-installatie volledig moeten demonteren. Dankzij de initiële plaatsbeschrijving kan men een beter beeld krijgen van de staat en de opbouw van het dak. Ze laat eveneens toe om de resterende levensduur van het dak in te schatten en geeft een idee van de eventuele herstellingen die nodig zijn alvorens men kan overgaan tot de plaatsing van de zonnepanelen. Een goede kennis van de dakopbouw (bv. doorsnede en tussenafstand van de kepers) laat toe om een juiste techniek en geschikte bevestigingsmiddelen te kiezen. Het verslag van deze initiële plaatsbeschrijving kan gebruikt worden om een vergelijkende plaatsbeschrijving op te stellen aan het einde van de werken.

#### ***Is het dak in staat om op duurzame wijze de bijkomende belasting die teweeggebracht wordt door de zonnepanelen op te nemen?***

De aanwezigheid van de zonnepanelen op het dak en het belopen door de dakwerkers tijdens de montage leiden tot een toename van de belastingen die uitgeoefend worden op het dak en het daktimmerwerk. Hellende daken die in goede staat verkeren, zijn in de regel in staat om deze bijkomende belasting op te nemen zonder al te grote vervormingen te ondergaan. Bij oudere daken die duidelijk tekenen van zwakheid vertonen of waarvan de structuur fragiel geworden is (verroeste of door insecten aangetaste balken), kan er daarentegen een bijkomende versterking nodig zijn. Omgekeerd is het ook mogelijk om de afmetingen van de zonne-installatie en het gebruikte materieeltype aan te passen aan het draagvermogen van het dak.

#### ***Biedt het dak zodanige opstellingsmogelijkheden dat de installatie een bevredigend rendement zal opleveren?***

Een dak vertoont een welbepaalde helling en oriëntatie waarvan het technisch (en esthetisch) moeilijk is af te wijken voor de montage van de zonnepanelen (bv. enkel mits het gebruik van oriënteerbare frames). Bovendien kunnen sommige dakschilden gedurende langere periodes van de dag overschaduw zijn ten gevolge van de omliggende vegetatie of gebouwen. Het is niet altijd gemakkelijk om te beoordelen of de montage van een zonne-installatie gerechtvaardigd is. De criteria die in aanmerking genomen moeten worden, kunnen bijvoorbeeld afhankelijk zijn van de plaatselijke vereisten voor het toekennen van premies, van de kostprijs van de installatie en van de impact van de installatie op het dak. De energetische aspecten die verband houden met de montage van de zonnepanelen op het dak komen aan bod in hoofdstuk 2 (p. 7).

## 7.2 MONTAGE OP HET DAK

Men dient alle reglementaire voorzorgsmaatregelen te treffen om de veiligheid van de dakwerkers gedurende de volledige duur van de werken te waarborgen en om het gebouw, de omgeving en de componenten van de zonne-installatie te beschermen. Men dient onder meer het reglementaire kader voor de uitvoering van hoogtewerken te respecteren. Voor meer informatie hieromtrent kan men terecht op de website van het Nationaal Actiecomité voor Veiligheid en Hygiëne in het Bouwbedrijf ([www.navb.constructiv.be](http://www.navb.constructiv.be)).

De uitvoering zal sterk vergemakkelijkt worden indien de bevestigingsmiddelen van de zonnepanelen aangepast zijn aan de dakopbouw. Het gaat hier voornamelijk om de compatibiliteit tussen de bevestigingshaken en de dakbedekkings-elementen (type, vorm en afmetingen), evenals om de doorsnede en de positie van de elementen van het daktimmerwerk. De montage op het dak moet gebeuren volgens de voorschriften uit hoofdstuk 5 van deze Technische Voorlichting (zie p. 19). Het is eveneens noodzakelijk om een dimensioneringsberekening van de sterkte van deze bevestigingen bij windbelasting uit te voeren. Deze dimensionering kan gebeuren met behulp van de **rekenmodule** die ter beschikking staat op de WTCB-website (rubriek 'Rekentools').

## 7.3 POSTINTERVENTIEDOSSIER

De informatie met betrekking tot de zonne-installatie die opgenomen moet zijn in het postinterventiedossier staat vermeld in de bijlage bij deze Technische Voorlichting (p. 53).

## 7.4 TOEGANKELIJKHEID VAN HET DAK

De meeste hellende daken zijn niet uitgerust om de toegang voor de dakwerkers te vergemakkelijken. De plaatsing van zonnepanelen op het dak kan echter leiden tot een toename van de toegangsfrequentie en dit, niet alleen omwille van de montage van de installatie, maar ook voor de uitvoering van diverse taken zoals:

- de inspectie, het onderhoud en de eventuele reiniging van de installatie
- de vervanging van de defecte zonnepanelen.

Bovendien kan de aanwezigheid van de zonnepanelen de toegankelijkheid voor andere interventies op het dak bemoeilijken, bijvoorbeeld:

- het vegen van de schoorsteen of het onderhoud van een technische installatie
- de herstelling van de dakbedekking en van de aansluitingsdetails
- de evacuatie van personen in geval van brand.

Het schema van afbeelding 13 (p. 16) duidt de zones aan waar er zich toegankelijkheidsproblemen kunnen voordoen bij de montage van de zonnepanelen.

Er bestaan specifieke hulpmiddelen zoals treeplanken en valbeveiligingen die de toegang tot bepaalde dakzones vergemakkelijken en de installatie beschermen door een veilig alternatief te bieden voor de weg tussen de zonnepanelen.

We willen er echter op wijzen dat de meeste dakdekkers en andere personen die werken moeten uitvoeren op het dak geen volledig vertrouwen hebben in de bestaande veiligheidsvoorzieningen, omdat ze niet weten hoe deze uitgevoerd werden, noch of deze nog steeds operationeel zijn. Het vertrouwen in deze voorzieningen zou kunnen toenemen dankzij de specifieke informatie die hieromtrent opgenomen is in het postinterventiedossier en dankzij een regelmatige controle van deze hulpmiddelen.

## 7.5 DEMONTAGE EN VERVANGING VAN DE ZONNEPANELEN

Hoewel een zonne-installatie verondersteld wordt minstens gedurende 20 jaar te werken, is het niettemin mogelijk dat er in deze periode bepaalde interventies nodig zijn. Het kan bijvoorbeeld gaan om de vervanging van bepaalde beschadigde of defecte zonnepanelen of nog om bepaalde herstellingen op de nabijgelegen dakbedekkings-elementen.

Het strekt tot aanbeveling om vanaf het ontwerp van de zonne-installatie middelen te voorzien om de defecte of beschadigde zonnepanelen op individuele wijze te kunnen demonteren en vervangen, zonder de volledige installatie te moeten verwijderen. Bij sommige systemen is de vervanging van één enkel element eerder moeilijk.

De vervanging van een fotovoltaïsch paneel op een installatie die in werking is, gaat gepaard met een risico op electrocutie (zie de Technische Voorlichting Elektriciteit 002 van Volta) [14]. Men dient vooraf inlichtingen in te winnen over de maatregelen die getroffen moeten worden om dit risico tegen te gaan. De vervanging van zonnecollectoren gaat dan weer gepaard met een risico op brandwonden, gelet op het feit dat de temperatuur van de warmtevoerende vloeistof een stuk hoger kan liggen dan 100 °C.

### 7.5.1 PLAATSING BOVENOP DE DAKBEDEKKING

De defecte zonnepanelen kunnen gedemonteerd worden door de klemmen waarmee ze vastzitten aan de metalen rails los te schroeven. Naargelang van de bevestigingsmiddelen kan het soms mogelijk zijn om elk paneel afzonderlijk te ver-



vangen. Wanneer ze in het bevestigingsmiddel geschoven zijn, dan zal het daarentegen noodzakelijk zijn om ook alle andere zonnepanelen van de betrokken rij of kolom te verwijderen. Aangezien het ten stelligste afgeraden is om op de zonnepanelen en de bevestigingsmiddelen te stappen, zal de verwijdering van de volledige rij of kolom soms de enige manier zijn om toegang te krijgen tot een defect zonnepaneel, wanneer dit zich niet aan de omtrek van de installatie bevindt.

## 7.5.2 INTEGRATIE IN DE DAKBEDEKKING

De bevestigingselementen van de zonnepanelen worden doorgaans onder de dichtingsprofielen aangebracht. Om een zonnepaneel te kunnen verwijderen, dient men daarom meestal ook de dichtingselementen aan de omtrek weg te nemen, wat de demontage van de aangrenzende dakbedekkingselementen kan impliceren. Nadat de vervanging uitgevoerd werd, kan het voor de herplaatsing van de dichtingsprofielen soms nodig zijn bepaalde dichtingen te vervangen.

Wanneer men de bevestigingsschroeven opnieuw op hun oorspronkelijke plaats in een houten constructie bevestigt, dan moet men controleren of deze nieuwe verbinding voldoende sterk is. Om de kwaliteit van de verbinding veilig te stellen, kan het soms nodig zijn om terug te grijpen naar schroeven met een grotere diameter. Wanneer dit onmogelijk is, dan kan men eveneens overwegen om de drager waarin de schroeven bevestigd moeten worden te vervangen (bv. hulpprofiel).

## 7.6 ANDERE AANDACHTSPUNTEN

### 7.6.1 RECYCLAGE VAN DE FOTOVOLTAÏSCHE PANELEN

De verwachte levensduur van een fotovoltaïsch paneel bedraagt minstens 20 jaar. Dit betekent dat de fotovoltaïsche installaties die in werking gesteld werden vanaf 2008 (begin van het *Solwatt*-plan in Wallonië) progressief ontmanteld zullen moeten worden vanaf 2028. Als men vandaag de dag fotovoltaïsche panelen uit dienst moet nemen, dan is dit meestal het gevolg van een verkeerde manipulatie of een fabricagefout vóór de plaatsing ervan op het dak. De beschikbare recyclagevolumes zullen echter progressief toenemen met de onvermijdelijke veroudering van de bestaande installaties.

Tegenwoordig kan ongeveer 80 tot 85 % van een fotovoltaïsch paneel gerecycleerd worden. Naar de toekomst toe zou deze waarde kunnen oplopen tot 95 %. De voornaamste recycleerbare elementen zijn het aluminium van het kader, het glas van de bovenzijde van de module en het silicium dat vervat zit in de fotovoltaïsche cellen. Deze verschillende elementen kunnen terug in omloop gebracht worden via de respectievelijke bestaande kanalen.

De recuperatie van de uit dienst genomen zonnepanelen gebeurt door de vereniging *PV Cycle*. De zonnepanelen kunnen gratis binnengeleverd worden in verschillende verzamelpunten doorheen gans Europa. De lijst van de Belgische verzamelpunten is beschikbaar via de website [www.pvcycle.be](http://www.pvcycle.be).

### 7.6.2 MANIPULATIE VAN FOTOVOLTAÏSCHE PANELEN

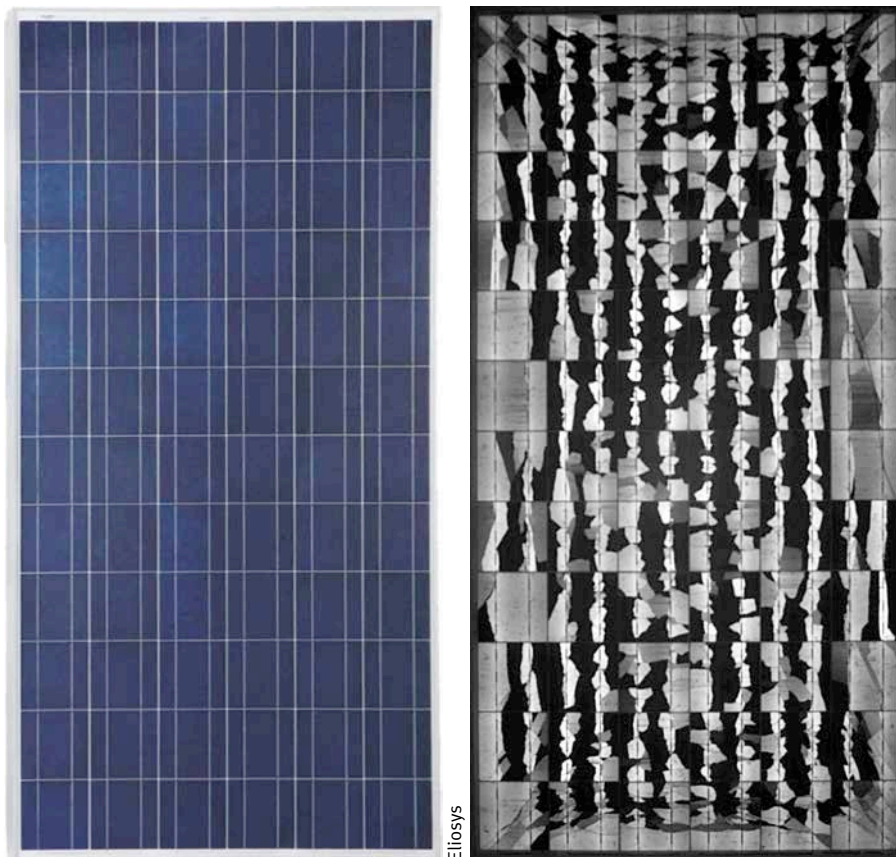
De fotovoltaïsche panelen die op hellende daken geïnstalleerd worden, zijn doorgaans van het kristallijne type. Dit betekent dat ze opgebouwd zijn uit onderling verbonden siliciumcellen die instaan voor de elektriciteitsproductie. Deze cellen zijn omgeven door een hars (EVA of silicone) en zijn aan de zonnkant bedekt met een plaat uit gehard glas en aan de onderzijde met een beschermend membraan of een andere glasplaat. De meeste zonnepanelen zijn uitgerust met een aluminium kader dat de stijfheid verhoogt en de bevestiging vergemakkelijkt. Bepaalde zonnepanelen zijn ontworpen om zonder kader op het dak bevestigd te worden, wat de visuele impact ervan uiteraard vermindert.

De glasplaat en het kader van de zonnepanelen hebben een veel hogere weerstand tegen schokken en vervormingen dan de siliciumcellen, die zeer breekbaar zijn. Hierdoor kan een module die vervormde of een schok kreeg, intact lijken terwijl een belangrijk deel van de fotovoltaïsche cellen onherroepelijk beschadigd werd. Afhankelijk van het type vervormingen waaraan de module onderhevig was, kunnen de cellen microscheurtjes vertonen of volledig gebroken of verbrokken zijn. Deze schade, die onzichtbaar is voor het blote oog, kan leiden tot een sterke beperking van de levensduur en de prestaties van het zonnepaneel.

Dergelijke onzichtbare schade kan aan het licht gebracht worden met observatietechnieken zoals elektroluminescentie. Hierbij worden de cellen van een module in kaart gebracht door gebruik te maken van hun lichtproducerende vermogen onder een elektrische spanning en stroom. In het voorbeeld uit afbeelding 53 (p. 50) stemmen de zwarte vlekken die zichtbaar worden door elektroluminescentie overeen met de beschadigde cellen.

Aangezien een visuele inspectie niet toelaat om de integriteit van de cellen van een fotovoltaïsch paneel te verifiëren, moet men de modules zeer zorgvuldig manipuleren tijdens het transport, de opslag, de voorbereiding, de montage en het onderhoud. In deze context raden wij de volgende voorzorgsmaatregelen aan:

- laat de zonnepanelen zo lang mogelijk in hun originele verpakking. Zo zijn ze beschermd tegen krassen en wordt het effect van eventuele schokken afgezwakt. De toestand van de verpakking kan reeds een idee geven van de mogelijke schade aan de panelen



Afb. 53 Visualisatie door elektro-luminescentie van de shade aan een module die intact leek met het blote oog.

- maak de zonnepanelen goed vast tijdens het transport. Zo kunnen schokken tussen de panelen onderling en tussen de panelen en de wanden van het voertuig vermeden worden. Een transportrek met een zachte schuimboodem kan bijvoorbeeld een oplossing bieden
- plaats de zonnepanelen verticaal op de bouwplaats, ver van de werkzaamheden en zorg ervoor dat er niets bovenop geplaatst wordt. Indien een verticale plaatsing niet mogelijk is, dan dient men de zonnepanelen goed vlak te leggen
- controleer tijdens de plaatsing op het dak dat het bevestigingssysteem de zonnepanelen niet vervormt. De voorkeur gaat uit naar een regelbaar bevestigingssysteem waarbij de positie van de bevestigingen aangepast kan worden aan de vorm of vlakheidsafwijkingen van het dak, rekening houdend met de thermische uitzetting.

#### Ten slotte is het ten stelligste afgeraden om:

- de zonnepanelen te belopen of om er gereedschap op te laten vallen
- de zonnepanelen tegen elkaar te wrijven ter hoogte van de kaderranden
- de zonnepanelen te laten vallen
- de zonnepanelen te strak in te snoeren met spanbanden.

### 7.6.3 PLANNING VAN DE BOUWPLAATS

In geval van nieuwbouw is het aanbevolen om de zonnepanelen te voorzien van bij het ontwerp van het gebouw en deze niet te beschouwen als een bijkomend element dat pas later toegevoegd zal worden. Zodoende kan er immers nagedacht worden over de prestaties van de installatie in functie van de oriëntatie en de helling van de dakschilden. Dankzij deze anticipatie zal het tevens mogelijk zijn om middelen te voorzien ter vergemakkelijking van de uitvoering van de zonnepanelen. Denken we hierbij maar even aan het gebruik van kepers met grotere doorsnede voor de bevestiging van de haken en het voorzien van middelen om de doorboringen doorheen het dak voor de doorvoer van de leidingen en de kabels luchtdicht te maken. Door deze taken in te plannen vanaf het ontwerp van het dak kan het aantal latere interventies beperkt worden en kan men vermijden dat de nieuwe uitvoering nodeloos beschadigd raakt.

Het aanbrengen van de zonnepanelen vooraleer men overgaat tot de plaatsing van de isolatie laat toe visueel te controleren of de bevestigingselementen (schroeven of schroefbouten) correct in het daktimmerwerk geïntegreerd zijn, dan wel of ze het onderdak doorboren en in het ijle uitmonden.



#### 7.6.4 INSPECTIE VAN DE ZONNE-INSTALLATIE

De inspectie van de zonne-installatie dient te gebeuren volgens de voorschriften uit de [Onderhoudsgids voor duurzame gebouwen](#) van het WTCB [15]. Na slechte weersomstandigheden (bv. hagel, wind, storm) die mogelijks schade aan de installatie berokkend hebben, kan het raadzaam zijn over te gaan tot een bijkomende inspectie.

Hoewel dit niets afdoet aan de noodzaak van een visueel onderzoek, is het wel mogelijk om bepaalde anomalieën op te sporen dankzij een opvolging van de energieproductie. Een aanzienlijke daling van de productie vormt een concrete aanwijzing voor anomalieën aan de panelen, de elektrische bekabeling of de hydraulische leidingen. Dergelijke anomalieën zijn niet altijd eenvoudig op te sporen (vaak onzichtbaar) tijdens een routineonderzoek. Voor grote installaties zal de bijkomende kost van deze monitoring laag zijn in vergelijking tot de oorspronkelijke investering en de inkomstenderving in geval van een langdurige panne compenseren.

#### 7.6.5 ONDERHOUD VAN DE INSTALLATIE

De op het dak geplaatste zonnepanelen vereisen *a priori* geen enkel periodiek onderhoud, tenzij dan de eventuele reiniging van hun oppervlak en van de aansluitingen met de dakbedekking in het geval van in het dak geïntegreerde panelen.

#### 7.6.6 REINIGING VAN DE INSTALLATIE

De aanwezigheid van vuildeeltjes aan het oppervlak beperkt de hoeveelheid straling die de zonnepanelen bereikt en zodoende ook de opbrengst ervan. Het is bijgevolg heel belangrijk om het oppervlak van de zonnepanelen proper te houden. De reiniging en de inspectie van de zonne-installatie dienen te gebeuren volgens de voorschriften uit de [Onderhoudsgids voor duurzame gebouwen](#) van het WTCB [15].

Het strekt tot aanbeveling om de reinigingsfrequentie aan te passen aan de reële noden. Niet alle zonne-installaties vereisen immers een periodieke reiniging.



Afb. 54 Aanwezigheid van dode bladeren op fotovoltaïsche panelen.



## BIJLAGE

# Plaatsbeschrijving van het dak en de zonne-installatie

### 1 Inspectie van het dak

Om de installatie van zonnepanelen in overweging te kunnen nemen, moet de resterende levensduur van het dak en de dakbedekking minstens 20 jaar bedragen. De checklist op de volgende bladzijde vermeldt de belangrijkste punten die in beschouwing genomen moeten worden bij de plaatsbeschrijving van het dak (zie § 7.1, p. 47). Deze lijst is louter informatief. Het is immers mogelijk dat bepaalde delen van het dak niet geïnspecteerd kunnen worden, bijvoorbeeld omdat ze niet toegankelijk zijn of omdat ze aan het zicht onttrokken zijn door de binnenafwerking. Ze laat echter wel toe de betrokkenen te informeren over de staat van het dak.

### 2 Postinterventiedossier

Wanneer de montage van de zonne-installatie ten einde is, dan moet de volgende informatie met betrekking tot de reële staat van de installatie opgenomen worden in het postinterventiedossier:

- de referentie en de technische specificaties van de fotovoltaïsche panelen of de zonnecollectoren
- de tijdens de oplevering aangevulde en ondertekende inspectielijst (zie checklist op p. 54)
- de technische en inplantingsplannen waarin de volgende gegevens opgenomen zijn:
  - de details van de draagstructuur, de bevestigingsmethode aan de dakstructuur
  - de veiligheidsuitrustingen: balustrades, veiligheidslijnen, ladderhaken, toegangswegen en platformen
  - de mogelijke obstakels, beschaduwing
  - het aansluitingsplan van de modules
  - de positie van de panelen: afmetingen, tracé, helling, oriëntatie
- de gebruiks- en onderhoudshandleidingen
- de controle van het daktimmerwerk en de beschrijving van de eventuele verstevigingen
- de berekening van de verankering van de panelen op basis van verschillende belastingen (eigengewicht, windbelastingen ...).

### 3 Dimensionering van de verankeringen

De verankeringen zorgen voor de duurzame mechanische verbinding tussen de zonne-installatie en het daktimmerwerk. Ze moeten in staat zijn om het eigengewicht van de installatie en de eventuele hierop aangrijpende wind- en sneeuwbelastingen op te nemen. De verankeringen moeten over een toereikende uitrukweerstand beschikken; hun vervorming mag de integriteit van de nabijgelegen dakbedekkingselementen niet in het gedrang brengen.

De wind- en sneeuwbelastingen op de wanden van gebouwen staan beschreven in de Eurocodes. Aangezien zonnepanelen op de wanden aangebrachte elementen zijn, is er echter een aangepaste methode vereist. Voor zonne-installaties die evenwijdig geplaatst zijn met het vlak van de dakbedekking (hetzij bovenop de dakbedekking, hetzij geïntegreerd in de dakbedekking), met een helling begrepen tussen 15° en 75°, heeft het WTCB een dimensioneringsmethode voor de verankeringen ontwikkeld die beschreven staat in de publicatie '[Windberekening van de verankering van de draagconstructies bij zonnepanelen](#)' en die toegepast kan worden met behulp van de **rekenmodule** die ter beschikking staat op de WTCB-website (rubriek 'Rekentools'). Deze tool laat toe het aantal en het type schroeven of schroefbouten te bepalen die per verankering gebruikt moeten worden in functie van de verschillende bouwplaatsparameters (geografische en topografische situatie, vorm en hoogte van het gebouw, positie van de zonnepanelen op het dak ...). We willen er evenwel op wijzen dat de rekentool enkel een benadering geeft van de sterkte van de verankering. Het is immers de kwaliteit van de uitvoering die uiteindelijk bepalend is voor de reële prestaties van de assemblage. De rekentool geeft evenmin garanties omtrent de sterkte van de bevestigingshaken en de aluminiumrails. Dit valt onder de verantwoordelijkheid van de fabrikant. De regels voor de goede uitvoering van de bevestigingselementen staan beschreven in hoofdstuk 5 (p. 19).



Checklist voor het dak.

| BINNENZIJD  | JA                                    | NEEN | Niet van toepassing                         | Niet geïnspecteerd |
|---|---------------------------------------|------|---|--------------------|
| <b>Aanwezigheid van asbest</b>  |                                       |      |   |                    |
| <b>Dragende elementen (gordingen, kepers, spantbenen):</b>  |                                       |      |   |                    |
| • schade:   |                                       |      |   |                    |
| – hout: rot, schimmel, verkleuring, insecten, barsten, bedorven geur, delaminatie van de lijm, houtresten op de vloer |                                       |      |   |                    |
| – staal: corrosie   |                                       |      |   |                    |
| – beton: afbrokkeling, wapeningscorrosie  |                                       |      |   |                    |
| • beperkte doorbuiging en vervorming  |                                       |      |   |                    |
| • stabiele steunpunten en bevestigingen   |                                       |      |   |                    |
| <b>Luchtscherm:</b>   |                                       |      |   |                    |
| • aanwezig?   |                                       |      |   |                    |
| • in goede staat, geen perforaties, goede onderlinge aansluitingen  |                                       |      |   |                    |
| <b>Thermische isolatie:</b>   |                                       |      |   |                    |
| • voldoende aanwezig rekening houdend met de bestemming van de ruimten  |                                       |      |   |                    |
| • in goede staat: geen vochtsporen of vochtstapeling, goed aansluitende panelen                                       |                                       |      |   |                    |
| <b>Onderdak:</b>  |                                       |      |   |                    |
| • aanwezig?   |                                       |      |   |                    |
| • type aangepast aan het binnenklimaat  |                                       |      |   |                    |
| • in goede staat, afwezigheid van lekken, voldoende overlapping   |                                       |      |   |                    |
| <b>Panlatten, tengellatten of beplanking:</b>   |                                       |      |   |                    |
| • schade  |                                       |      |   |                    |
| • stabiele bevestigingen  |                                       |      |   |                    |
| <b>Vocht- of schimmelsporen op het dak of in de onderliggende ruimte</b>  |                                       |      |   |                    |
| <b>BUITENZIJD</b>   |                                       |      |   |                    |
| <b>Aanwezigheid van asbest</b>  |                                       |      |   |                    |
| <b>Dakelementen (pannen, leien, metalen banen ...):</b>   |                                       |      |   |                    |
| • correcte positie, stabiele bevestiging, goede aansluiting tussen de elementen                                       |                                       |      |   |                    |
| • schade: ontbrekende elementen, barsten, afschilfering, verkleuring, corrosie  |                                       |      |   |                    |
| • goede compatibiliteit tussen de metalen   |                                       |      |   |                    |
| <b>Afwezigheid van mos, vervuiling, algen, begroeiing</b>   |                                       |      |   |                    |
| <b>Goede afwatering, voldoende helling</b>  |                                       |      |   |                    |
| <b>Onderdak:</b>  |                                       |      |   |                    |
| • aanwezig?   |                                       |      |   |                    |
| • type aangepast aan het binnenklimaat  |                                       |      |   |                    |
| • in goede staat, afwezigheid van lekken, voldoende overlapping   |                                       |      |   |                    |
| <b>Panlatten, tengellatten of beplanking:</b>   |                                       |      |   |                    |
| • schade  |                                       |      |   |                    |
| • stabiele bevestigingen  |                                       |      |   |                    |
| <b>Overlappingsafstand</b>  | <input type="checkbox"/> WTCB-formule |      | <input type="checkbox"/> Garantie fabrikant |                    |

# LITERATUURLIJST

## Bouquegneau C. en Cailleux E.

1. Fotovoltaïsche systemen en bliksembeveiliging. Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Dossiers, nr. 4, Katern 5, 2010.

## Bureau voor Normalisatie (Brussel, NBN, [www.nbn.be](http://www.nbn.be))

2. NBN EN 1995-1-1 Eurocode 5: ontwerp en berekening van houtconstructies. Deel 1-1: algemeen. Gemeenschappelijke regels en regels voor gebouwen (januari 2005).
3. NBN EN 13501-1 Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen. Deel 1: classificatie op grond van resultaten van beproeving van het brandgedrag (januari 2010).
4. NBN EN 13501-5 Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen. Deel 5: classificatie op grond van resultaten van proeven waarbij daken aan een externe brand worden blootgesteld (juli 2016).
5. NBN EN 62305-1 Bliksembeveiliging. Deel 1: algemene principes (april 2011).
6. NBN EN 62305-2 Bliksembeveiliging. Deel 2: risicomanagement (juli 2012).
7. NBN EN 62305-3 Bliksembeveiliging. Deel 3: fysieke schade aan objecten en letsels aan mens en dier (april 2011).
8. NBN EN 62305-4 Bliksembeveiliging. Deel 4: elektrische en elektronische systemen in objecten (april 2011).

## D’Orazio M., Di Perna C. en Di Giuseppe E.

9. Performance assessment of different roof integrated photovoltaic modules under Mediterranean Climate. Elsevier, Energy Procedia, volume 42, p. 183-192, 2013.

## Europese Unie ([www.europa.eu](http://www.europa.eu))

10. Verordening (EU) nr. 305/2011 van het Europees Parlement en de Raad van 9 maart 2011 tot vaststelling van geharmoniseerde voorwaarden voor het verhandelen van bouwproducten en tot intrekking van de Richtlijn 89/106/EEG van de Raad. Straatsburg, Publicatieblad van de Europese Unie, 4 april 2011.

## Federale Overheidsdienst Binnenlandse Zaken ([www.ibz.be](http://www.ibz.be))

11. Koninklijk Besluit van 7 juli 1994 en zijn wijzigingen (1997, 2003, 2007, 2009, 2012) tot vaststelling van de basisnormen ter preventie van brand en ontploffing waaraan de nieuwe gebouwen moeten voldoen. Brussel, Belgisch Staatsblad, 26 april 1995 (beschikbaar op de website van de Normen-Antenne Brandpreventie, [www.normen.be/brand](http://www.normen.be/brand)).

....

12. Planning and Installing Photovoltaic Systems. A guide for installers, architects and engineers. Londen, Earthscan, second edition, 2009.

....

13. Roto Sunroof Handbook 2011.

## Volta (<http://volta-org.be>)

14. TVE 002: fotovoltaïsche installaties. Brussel, Volta (Vormelek - Tecnolec - FSE), Technische Voorlichting Elektriciteit (TVE), 2015.

Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (Brussel, WTCB, [www.wtcb.be](http://www.wtcb.be))

15. Onderhoudsgids voor duurzame gebouwen. Monografie, 2011.
16. Speciale uitgave: houtbouw. WTCB-Contact nr. 1, 2013.
17. TV 195 Daken met natuurleien. Deel 1: opbouw en uitvoering (1995).
18. TV 212 Leidraad voor de installatie van zonneboilers (1999).
19. TV 221 Plaatsing van glas in sponningen (2001).
20. TV 225 Daken met golfplaten van vezelcement: materiaal - opbouw - uitvoering (2002).
21. TV 240 Pannendaken (2011).
22. TV 251 Thermische isolatie van hellende daken (2014).
23. TV 254 Brandveilig afdichten van doorvoeringen in brandwerende wanden. Voorschriften en plaatsing (2015).
24. TV 255 Luchtdichtheid van gebouwen (2015).

Verantwoordelijke uitgever: Jan Venstermans  
WTCB, Lombardstraat 42  
1000 Brussel

## Onderzoekt • Ontwikkelt • Informeert

Het WTCB vormt al meer dan 55 jaar hét wetenschappelijke en technische middelpunt van de bouwsector. Het Centrum wordt hoofdzakelijk gefinancierd met de bijdragen van 85.000 aangesloten Belgische bouwbedrijven. Dankzij deze heterogene ledengroep zijn bijna alle bouwberoepen vertegenwoordigd en kan het WTCB bijdragen tot de kwaliteits- en productverbetering.

### Onderzoek en innovatie

Een industrietak zonder innovatie is als cement zonder water. Het WTCB heeft er daarom voor gekozen om zijn onderzoeksactiviteiten zo nauw mogelijk te laten aansluiten bij de noden van de sector. De Technische Comit es die de WTCB-onderzoeken sturen, zijn samengesteld uit bouwprofessionelen (aannemers en experts) die dagelijks op het terrein staan.

Met de hulp van verschillende officiële instanties stimuleert het WTCB bedrijven om steeds verder te innoveren. De begeleiding die we aanbieden, is afgestemd op de actuele maatschappelijke uitdagingen en van toepassing op diverse domeinen.

### Ontwikkeling, normalisatie, certificering en goedkeuring

Op vraag van overheden of privébedrijven werkt het WTCB ook mee aan diverse ontwikkelingsprojecten (contractresearch). Zo is het Centrum niet alleen nauw betrokken bij de activiteiten van de nationale (NBN), Europese (CEN) en internationale (ISO) normalisatie-instituten, maar ook bij instanties zoals de Belgische unie voor de technische goedkeuring in de bouw (BUTgb). Al deze projecten geven ons meer inzicht in de bouwsector, waardoor we sneller kunnen inspelen op de noden van de verschillende bouwberoepen.

### Informatieverspreiding en steun aan bedrijven

Om de kennis en ervaring die op deze manier vergaard wordt op een efficiënte manier te delen met de bedrijven uit de sector, kiest het Centrum resoluut de weg van de informatica. Onze website is zo opgesteld dat elke bouwprofessioneel met slechts enkele muisklikken de gewenste WTCB-publicatiereeksen of bouwnormen terugvindt.

Goede informatieverspreiding kan echter niet enkel elektronisch. Een persoonlijk contact is vaak nog steeds de beste aanpak. Jaarlijks organiseert het Centrum ongeveer 650 informatiesessies en themadagen voor bouwprofessionelen. Ook de aanvragen voor onze dienst Technisch Advies blijven binnenstromen, met meer dan 18.000 verstrekte adviezen per jaar.

### MAATSCHAPPELIJKE ZETEL

Lombardstraat 42, B-1000 Brussel  
Tel. 02/502 66 90  
Fax 02/502 81 80  
E-mail : info@bbri.be  
Website: www.wtcbe

### KANTOREN

Lozenberg 7, B-1932 Sint-Stevens-Woluwe  
Tel. 02/716 42 11  
Fax 02/725 32 12

- Technisch advies – Publicaties
- Beheer – Kwaliteit – Informatietechnieken
- Ontwikkeling – Valorisatie
- Technische goedkeuringen – Normalisatie

### PROEFSTATION

Avenue Pierre Holoffe 21, B-1342 Limelette  
Tel. 02/655 77 11  
Fax 02/653 07 29

- Onderzoek en innovatie
- Vorming
- Bibliotheek

### DEMONSTRATIE- EN INFORMATIECENTRUM

Marktplein 7 bus 1, B-3550 Heusden-Zolder  
Tel. 011/79 95 11  
Fax 02/725 32 12

- ICT-kenniscentrum voor bouwprofessionelen (ViBo)
- Digitaal documentatie- en informatiecentrum voor de bouw- en betonsector (Betonica)

### BRUSSELS MEETING CENTRE

Poincarélaan 79, B-1060 Brussel  
Tel. 02/529 81 29

### BRUSSELS GREENBIZZ

Dieudonné Lef vrestraat 17, B-1020 Brussel  
Tel. 02/233 81 10