



FOTOVOLTAÏSCHE ZONNE-ENERGIE : INPLANTING VAN FOTOVOLTAÏSCHE INSTALLATIES

Als een fotovoltaïsche installatie in een gebouw wordt geïntegreerd (wat in het Brusselse Hoofdstedelijke Gewest bijna steeds het geval is), dan wordt ze in de meeste gevallen op het dak geplaatst.

Men moet een onderscheid maken tussen installaties op een plat of hellend dak of deze op de voorgevels. De integratiemogelijkheid wordt geanalyseerd in de 3 gevallen.

Een aantal beschouwingen met betrekking tot het monteren van de installatie en de omvormer worden op de laatste bladzijden van het document besproken.

1. INSTALLATIE OP EEN PLAT DAK

Bij montage op een plat dak moet worden nagedacht over eventuele problemen met de waterdichtheid en de stabiliteit van het gebouw. Bovendien moet de staat van de dakbedekking nog goed genoeg zijn om de hele levensduur van de fotovoltaïsche installatie mee te gaan (25 jaar).

Voorts kunnen op het dak obstakels (uitrusting, ventilatie, enz.) staan die schaduw werpen op de panelen. In de paragraaf "Technische oplossingen" hieronder zien we hoe de juiste tussenruimte tussen de rijen wordt bepaald.

STABILITEIT

Panelen die in een hoek staan ten opzichte van het dak, zijn onderhevig aan de impact van de wind. Dit effect kan in verschillende richtingen werken: verticaal naar boven (losrukken), naar beneden (samendrukken) of horizontaal (afschuiven). Om de installatie op haar plaats te houden, moet ze dus worden verankerd of verzwaid met een ballast. Verder moet men nakijken of de dakbedekking en de dragende dakstructuur het bijkomende (statische) gewicht kunnen dragen en de impact van de wind (dynamisch) kunnen trotseren. Deze berekeningen moeten worden uitgevoerd door een burgerlijk ingenieur bouwkunde of door een bureau dat is gespecialiseerd in stabiliteitsstudies.

WATERDICHTHEID

Een fotovoltaïsche installatie zou niets mogen wijzigen aan de waterdichtheid van de dakbedekking. Een voorafgaand onderzoek zal uitwijzen of de bestaande bedekking nog 25 jaar kan meegaan of dat er herstellingen nodig zijn.

Als er een voorafgaand onderzoek door een onafhankelijk organisme heeft plaats gehad, is het mogelijk om te laten vastleggen hoever de verantwoordelijkheden van de installateur reiken, indien er schade zou optreden tijdens de montage of later door de fotovoltaïsche installatie zelf (gatjes in het waterdichte membraan van het dak door mechanische belasting bijvoorbeeld). Het zal niet steeds nodig zijn om het membraan te doorboren (niet nodig voor systemen die worden gekleefd of met een ballast worden verzwaid), maar indien dat toch dient te gebeuren, dan moeten de gatjes rondom vakkundig weer worden afgedicht.

TECHNISCHE OPLOSSINGEN

Een fotovoltaïsch systeem kan op diverse manieren op een plat dak worden geïnstalleerd:

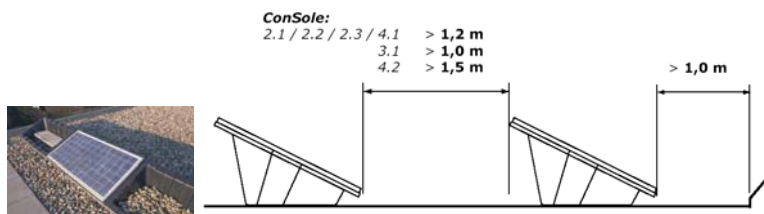
1. Gebruik van een draagsteen of console:

De zonnepanelen worden geplaatst op kunststof (PEHD) dragers die zijn gevuld met ballast (grint, betonblokken) van 80 tot 100 kg/m². De panelen worden opgesteld in een hellingshoek van 25°, waardoor ze minder blootstaan aan de wind en waardoor de ene rij weinig schaduw creëert voor de volgende rij. De eenvoud van dit concept is zijn grote voordeel, maar het biedt anderzijds weinig vrijheid met betrekking tot de hellingsgraad en er kan slechts één enkel paneel per rij worden opgesteld.

De ruimte tussen de rijen (ook *pitch* genoemd) wordt bepaald door de maximale schaduwhoek. Deze hoek bepaalt vanaf welke hoogte in de lucht de zon wordt “gezien” door het hele paneel (of met andere woorden vanaf wanneer er geen schaduw meer op het paneel valt). De vuistregel is om een tussenruimte te laten die gelijk is aan 3 x de hoogte van het obstakel of van het vorige paneel. Zo komt men tot volgende formule voor de berekening van de maximale schaduwhoek:

$$\text{gamma} = \arctg(1/3) = 18,5^\circ$$

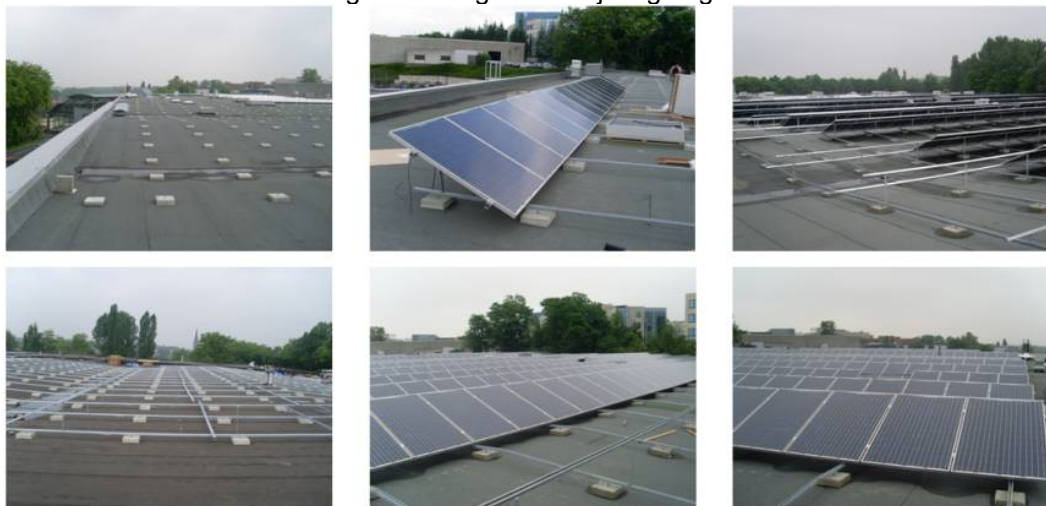
In de praktijk wordt een hoek van 15 tot 18,5° aanvaard.



Figuur 1 : Foto en schematische voorstelling van een montage met draagsteen op een plat dak

2. Gebruik van een metalen draagstructuur met ballast:

De zonnepanelen worden bevestigd op een metalen structuur die met ballast wordt verzwaard. Over het algemeen is deze oplossing niet duur, omdat de fotovoltaïsche panelen al in het atelier kunnen worden geïntegreerd in de metalen structuur. Het gewicht van de ballast moet nauwkeurig worden berekend, omdat het systeem extreme wind moet kunnen trotseren, terwijl het toch de dakstructuur niet mag beschadigen met zijn eigen gewicht.



Figuur 2 : Vaste fotovoltaïsche zonnepanelen gemonteerd op een metalen draagstructuur die op zijn plaats wordt gehouden door een ballast (Project D'Ieteren)

3. Gebruik van een metalen draagstructuur die wordt verankerd op het gebouw:

De zonnepanelen worden bevestigd op een metalen structuur, die op zijn beurt wordt verankerd op de dakbedekking. Deze installatie vereist een volmaakte afdichting ter hoogte van de verankeringspunten om waterinsijpeling te vermijden.



Figuur 3 : Fotovoltaïsche zonnepanelen gemonteerd op een metalen draagstructuur die is verankerd op het dak (Project Limburgse Tuinbouwveiling, Herk-de-Stad)

4. Gebruik van soepele amorfe siliciumpanelen:

Soepele amorfe siliciumpanelen kunnen rechtstreeks op het dak worden gekleefd.

De hellingsgraad van de panelen is dezelfde als die van het dak en die moet minstens 5° zijn om een aanvaardbaar rendement te garanderen. (De regen kan het vuil niet met dezelfde efficiëntie wegwassen van een horizontaal vlak dan op een paneel met een hellingshoek van 35°.)



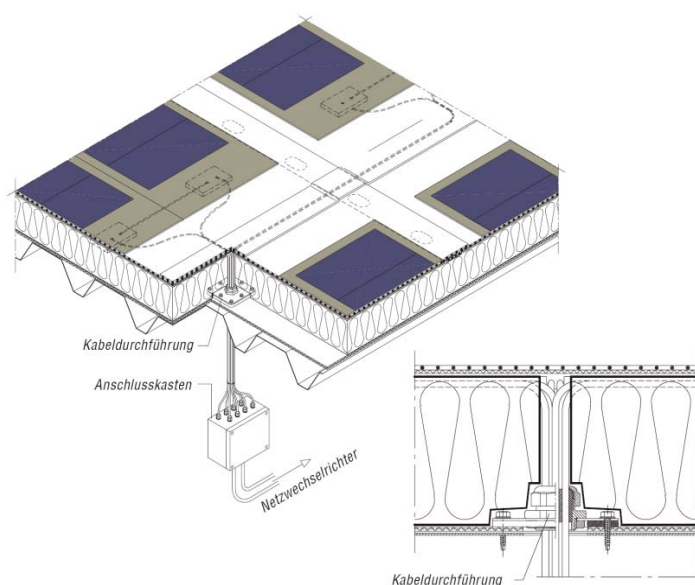
Figuur 4 : Zonnesysteem met soepele amorfe siliciumpanelen die zijn gekleefd op het waterdichte membraan van de dakbedekking (Project Colruyt, Halle. [Foto Colruyt])

5. Vergelijking van de systemen

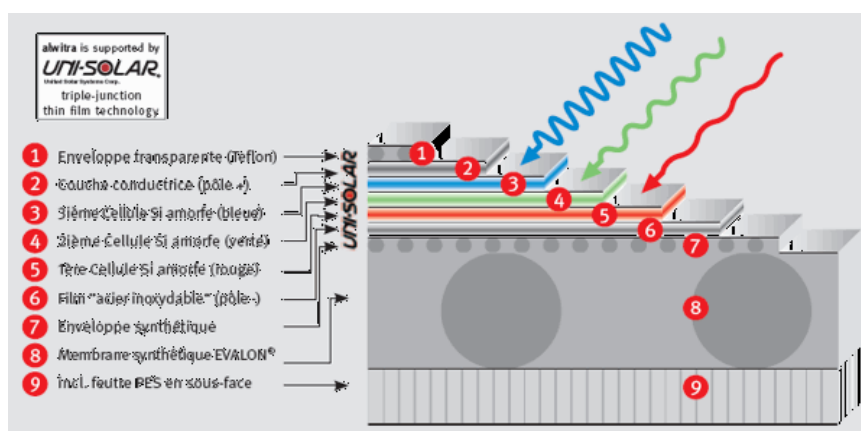
Tabel 1 vergelijkt de vier montagetechneken aan de hand van de parameters dichtheid (gemiddelde van het piekvermogen per m² dakoppervlak) en gemiddelde oppervlakteladingsdichtheid. De cijfers zijn louter informatief. Er bestaan realisaties van systemen met ballast met een gemiddelde ladingsdichtheid die kleiner is dan 15 kg/m². Dat kan worden bereikt door te spelen met de hellingsgraad van de panelen (met 12° in plaats van 25° vangen de panelen minder wind en is er dus minder ballast nodig) en met de "pitch" tussen de rijen (tussenafstand).

Methode	Dichtheid [Wp/m ² dakoppervlak]	Gemiddelde oppervlakteladingsdichtheid [kg/m ² dakoppervlak]
1. Draagsteen	50	> 40
2. Metalen draagstructuur met ballast	50 - 80	< 30
3. Metalen draagstructuur zonder ballast	50 - 80	< 20
4. Soepele amorphe siliciumpanelen	45	6

Tabel 1 : Vergelijking van de dichtheid en de oppervlakteladingsdichtheid voor vier verschillende inplantingsmethoden van zonnepanelen op een plat dak



Figuur 5 : Voorbeeld van een "geïntegreerd" product: het soepel amorf siliciummembraan verenigt drie functies, nl. isolatie, waterafdichting en zonnestelsel (Evalon Solar, schema Alwitra)



2. INSTALLATIE OP EEN HELLEND DAK

Een fotovoltaïsche installatie kan op een bestaand dak met een dakbedekking van pannen of leien worden gemonteerd, uiteraard steeds na controle van de toestand ervan. De panelen kunnen op het dak worden bevestigd of - in het geval van een renovatie - een deel van de bestaande dakbedekking vervangen. De tweede oplossing, die meer esthetisch is, is duurder en vaak ook moeilijker te verwezenlijken.

Men dient ervan uit te gaan dat de levensduur van een fotovoltaïsche installatie 25 jaar is en dat de dakbedekking dus minstens evenlang stand dient te houden.

OPBOUW

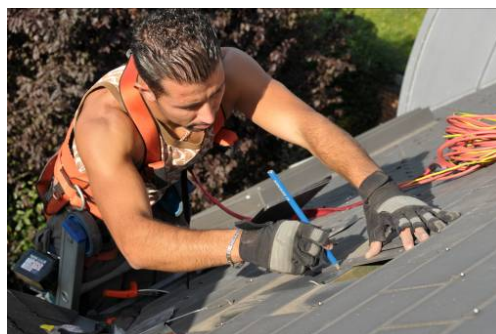
Figuur 6 is een illustratie van een installatie in opbouw (op de dakbedekking).



Figuur 6 : Installatie van 2 kWp - Brussel, België (foto Issol)

De montagetechnieken worden vaak samen geleverd met de modules. De markt wordt beheerst door een aantal grote merken. De kits bestaan voornamelijk uit rails, haken, aanhechtingen en inoxvijzen. Enkel de haken verschillen naargelang het type dakbedekking : pannen, leien of zink.

Het is dus raadzaam om bestaande installaties te bezoeken om een goed beeld te krijgen van de plaatselijke toepassingen en om inlichtingen in te winnen bij de producent van het gekozen montagesysteem. De producent kan de installateur op weg helpen met advies en opleiding, zodat de installateur met kennis van zaken kan beslissen over het meest doeltreffende montagesysteem.



Figuur 7: Het dak voor de installatie van de panelen (foto's SunSwitch)

Wanneer er voor opbouw wordt gekozen, moet de producent (of de installateur) alle relevante kenmerken van de dakbedekking bestuderen. Afhankelijk van de montagetechniek moet er immers een ruimte worden gelaten tussen de panelen onderling voor de klemmen en bevestigingsbeugels.

Tussen de panelen en de dakbedekking moet voldoende ruimte blijven om de luchtstroom door te laten, die voor de afkoeling van de panelen nodig is.

Boven 25°C heeft een temperatuursstijging van één graad een gemiddeld vermogensverlies tot gevolg van 0,4 % à 0,5 %, afhankelijk van het type paneel. Bij 50°C is het vermogensverlies van een paneel dus gemiddeld tussen 10% en 12,5%.

Een bijkomend aspect van de montage zijn de kabelgoten voor de gelijkstroombedrading. Draden en hulpstukken (connectoren, aftakdozen, enz.) moeten worden gekozen in functie van de mogelijke blootstelling aan externe invloeden (weersomstandigheden, ozon, UV-straling, omgevingstemperatuur, vuur, enz.) en moeten beantwoorden aan de respectieve IEC-normen (bijv. norm IEC 60529 voor de mate van IP-beveiliging, enz.) en de lokale voorschriften (bijv. AREI).



Figuur 8: Opbouw van panelen (foto's SunSwitch)

Vaak moet de hulp worden ingeroepen van een dakwerker. Installateurs moeten dus op de hoogte zijn van de geldende reglementering en de specificaties van de montagestructuren moeten beantwoorden aan de volgende Eurocodes:

- *Algemeen: Eurocode 1: Belastingen op constructies. Deel 1: Grondslag voor ontwerp*
- *Staal: Eurocode 3: Ontwerp van stalen draagsystemen*
- *Beton: Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies*
- *Sneeuw: Eurocode 1: Belastingen op draagsystemen – Deel 3: Sneeuwbelasting*
- *Wind: Eurocode 1: Belastingen op draagsystemen – Deel 4: Windbelasting*

Ook de plaatselijke aanvullingen van de Eurocodes moeten worden nageleefd.

De installateur moet de gebruiksaanwijzing van de systemen grondig lezen, en dit voor en tijdens het monteren, zodat de installatie correct gebeurt, hij moet er ook voor zorgen dat de respectievelijke waarborg verzekerd blijft.

Indien de installateur samenwerkt met andere bedrijven of gespecialiseerde vakmensen, moeten de respectieve verantwoordelijkheden en waarborgen duidelijk worden afgebakend voor elke partij die tussenkomt in de installatie van een fotovoltaïsch systeem.



Figuur 9: Voor en na de plaatsing van zonnepanelen (Foto's SunSwitch)

Voordelen	Nadelen	Opmerkingen
Eenvoudig te installeren als het dak gemakkelijk toegankelijk is	Moelijk te installeren als de toegang tot het dak moeilijk of gevaarlijk is	Afdoende bevestiging zonder de dakbedekking te beschadigen (gebruik van pootjes onder de dakpannen)
Maakt ventilatie langs de onderkant mogelijk (ruimte van 5 à 10 cm tussen het dak en de panelen)	Productie is sterk afhankelijk van de oriëntatie en hellingsgraad van het dak	Bij voorkeur voor daken die georiënteerd zijn naar het zuiden + of - 45°
Beste piekvermogen per m ² dakoppervlak in vergelijking met soepele modules	Weinig esthetisch uitzicht	Opgepast voor schaduwbronnen (er zijn er veel in residentiële wijken)
De wind heeft weinig invloed	Ingewikkeld onderhoud	Vaak is het dak moeilijk toegankelijk
Er is weinig materiaal nodig voor de installatie		
Goed zichtbaar (marketingaspect)		

Tabel 1: Voor- en nadelen van de opbouw op een hellend vlak

INTEGRATIE

De integratie van panelen in de dakbedekking impliceert dat er bepaalde lagen van de dakafwerking moeten worden weggenomen en vervangen door een geïntegreerd product zoals zonnepanelen, zonnepannen of zonnelleien.

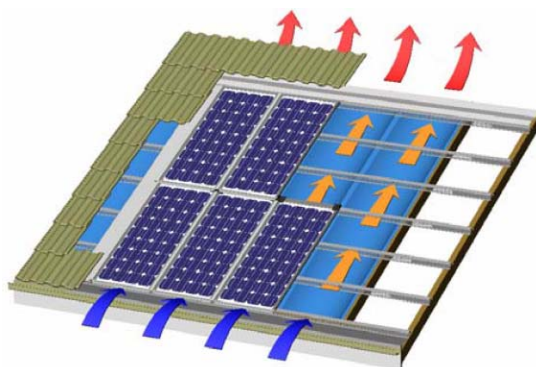
Er is slechts een beperkt gamma van zulke geïntegreerde producten op de markt. De meeste opmerkingen die

hierboven zijn gemaakt met betrekking tot de opbouw van panelen op het dak, zijn ook hier van toepassing. Er moet

bovendien naar een technische oplossing worden gezocht om een voldoende grote luchtstroom door te laten achter/onder de panelen die voor afkoeling moet zorgen. De temperatuur van onvoldoende gekoelde panelen kan tot meer dan 20°C hoger oplopen dan die van goed geventileerde panelen. Temperatuurschommelingen kunnen aanleiding geven tot een productievariatie van 10% tot 30% voor het gehele systeem.



Figuur 10: Geïntegreerde modules - APERE



Figuur 11: Luchtstroom onder en achter de panelen¹

Uiteraard is het belangrijk dat de afgewerkte installatie waterdicht is.

De integratie van panelen in de dakbedekking is meer tijdrovend dan een montage in opbouw en vereist meer vakkennis van de installateur.

Meestal zijn de integreerbare systemen alleen verkrijgbaar in panelen met een portret-oriëntatie (de korte zijden boven- en onderaan). Het concept dient rekening te houden met bestaande elementen, zoals lichtkoepels, dakvensters en eventueel zonneboilers. De keuze van een deskundig dakwerker-installateur is dus raadzaam.

Voordelen	Nadelen	Opmerkingen
Uitstekende architecturale integratie	Bepaalde ventilatie van de modules	Bij voorkeur voor nieuwbouw of bij volledige dakrenovatie
Besparingen op dakbedekkingsmaterialen (pannen, leien)	Ingewikkelde plaatsing	
	Ingewikkeld onderhoud Weinig ventilatiemogelijkheden	
	Duur	

Tabel 2: Voor- en nadelen van de integratie van panelen in het dak

¹ <http://www.pvsolartiles.com>

3. INTEGRATIE IN DE GEVEL

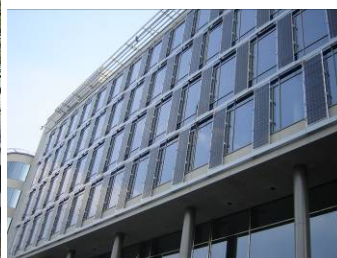
Bij nieuwbouw of volledige renovaties kunnen fotovoltaïsche panelen als een wezenlijk onderdeel van het gebouw worden gebruikt.

Fotovoltaïsche panelen kunnen worden gebruikt als:

- Zonnewering



Figuur 12: Bron Total Energie



Figuur 13: Solaris-gebouw in Brussel (Laureaat Eco-Building Award)

- Gordijngevel of blinde wand



Figuur 14: ©Tenesol et Enel

- Balustrade of borstwering



Figuur 15: Bron onbekend

- Gevel in semi-transparante panelen



Figure 16: © BP Solar

4. MONTAGE VAN DE INSTALLATIE

Belangrijk voor en tijdens de montage:

Het AREI – Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties – is van toepassing op fotovoltaïsche installaties. De lijst van erkende controleorganismen voor elektrische installaties vindt men op de site van de federale overheidsdienst voor Economie:

http://statbel.fgov.be/nl/consument/Energie/Elektriciteit/Controle_installations/index.jsp

De installateur moet minstens beschikken over een BA4- of BA5-attest van het AREI. Daarmee bewijst hij dat hij respectievelijk “gewaarschuwd” of “vakbekwaam” is om te werken aan elektrische installaties en dat hij weet welke risico’s hieraan verbonden zijn (bijv. : aarding, elektrocutiegevaar door rechtstreeks of onrechtstreeks contact, enz.)

Zoals hierboven werd beschreven, bestaan er diverse montagetechnieken voor fotovoltaïsche installaties. Voor dit werk kunnen vakmensen met uiteenopende specialisaties nodig zijn, maar werken aan elektrische installaties mogen uitsluitend worden uitgevoerd door erkende elektriciens. Voor montages op het dak zijn alleen elektriciens en dakwerkers bevoegd. Elke vakman moet de regels van zijn eigen vakgebied naleven.

Uiteraard is het aangewezen om steeds de technische voorschriften na te leven, zoals die staan gespecificeerd in het lastenboek of de gebruiksaanwijzing.

Indien vaklui van diverse gespecialiseerde vakgebieden samenwerken, gelden er regels voor samenwerking op de werf (plan voor veiligheid en gezondheid, risicoanalyse, enz.). Meer gedetailleerde informatie hierover kan worden aangevraagd bij de Confederatie Bouw. (<http://www.confederatiebouw.be>).

5. MONTAGE VAN DE OMVORMERS

MONTAGE

Algemene voorschriften :

- Volg de installatiehandleiding van de producent (bijv: tussenruimte, bescherming, ventilatie, enz.)
- Omvormers die buiten worden opgesteld, worden bij voorkeur niet langs de zuidkant geplaatst. Als er geen alternatief kan worden gevonden, dan moeten de omvormers onder een zonnescerm worden gezet. Om in aanmerking te komen voor een buiteninstallatie, moet de omvormer minstens beantwoorden aan de criteria van IP-klasse 54.
- Afhankelijk van de fysieke plaats van de installatie, zal er een andere beveiligingsklasse (IP) van toepassing zijn (bijv: IP 64 voor een buitenopstelling zonder bijkomende bescherming). De lijst van deze klassen en de overeenkomstige AREI-voorschriften moet steeds worden nageleefd.
- Idealiter wordt de omvormer op een koele plek geplaatst (om oververhitting te vermijden). Niet geïsoleerde zolders worden dus maar beter vermeden, zelfs als dit zou betekenen dat de lengte van de gelijkstroomkabel dan kan worden beperkt.
- Voorts wordt de omvormer het beste op een droge plek gezet (om corrosie tegen te gaan), tenzij de IP-klasse de plaatsing in vochtige omstandigheden toch mogelijk maakt.
- Ten slotte plaatst men de omvormer beter niet in leefruimtes (salon, slaapkamer), omdat hij een licht geluid voortbrengt.