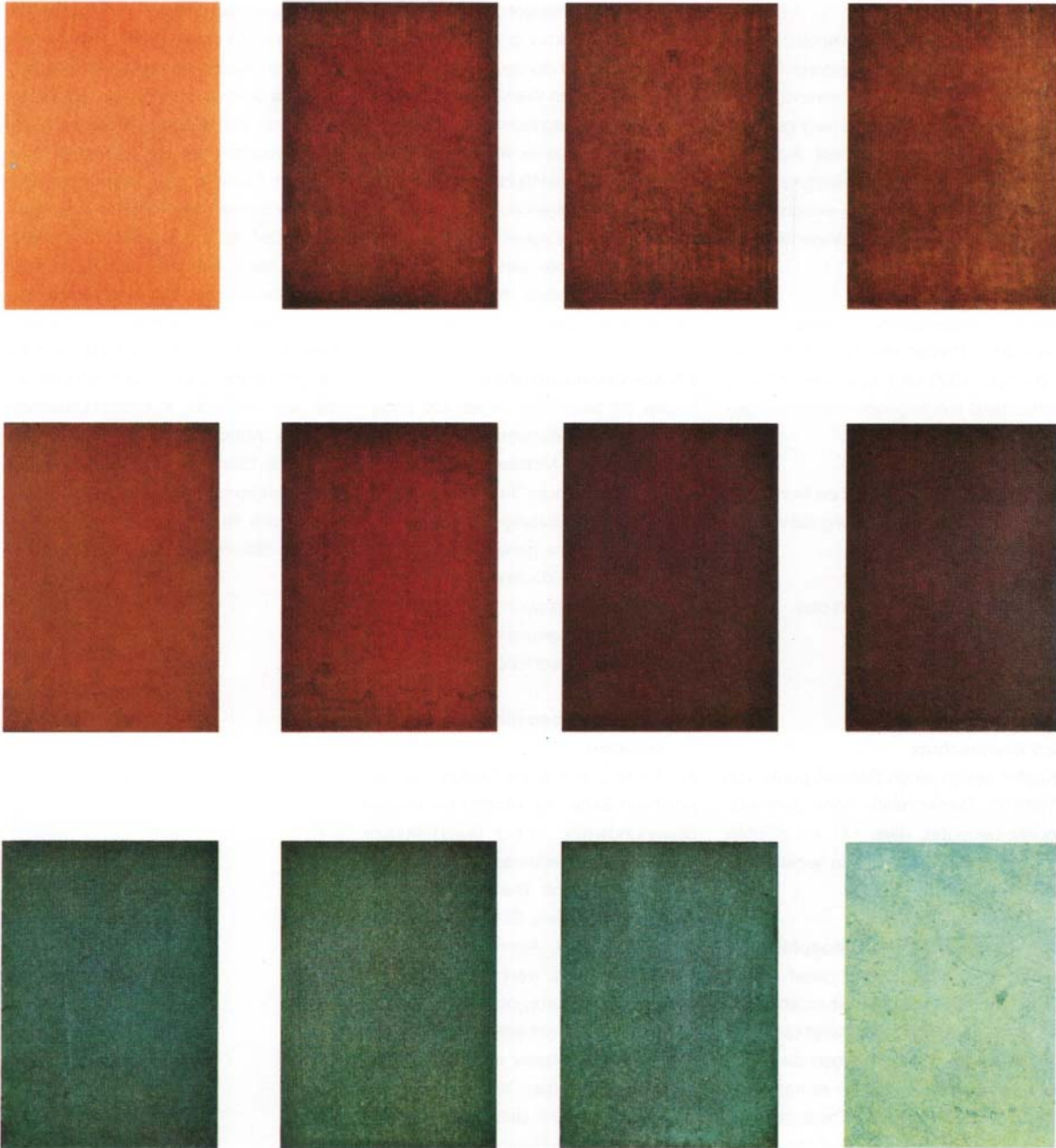




Copper Connects Life™

# 1 .Algemeen



***Copper Benelux***  
*A member of the European Copper Institute*

## DE FYSISCHE ASPECTEN VAN DE BOUW

### 1.0 De vochtigheid :

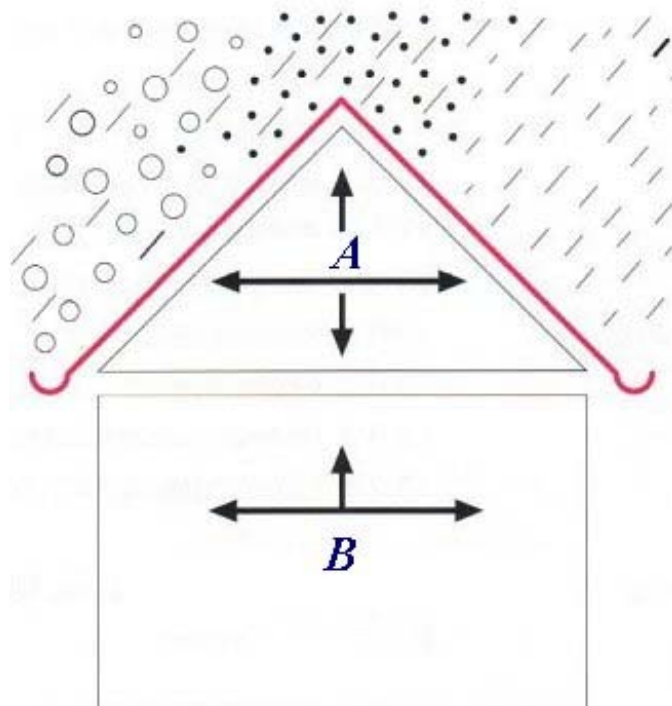
Alle soorten van vochtigheid in een daksamenstelling kunnen belangrijke problemen vertegenwoordigen voor het geheel van het gebouw. Een goed begrip van de verschijnselen verbonden aan de vochtigheid en aan controle ervan dienen als basis voor een degelijk dakconcept.

### 1.1 De verschillende soorten vochtigheid :

Bij de evaluatie van de aspecten aangaande de vochtigheid voor de studie van een daksamenstelling dient men 2 soorten factoren in overweging te nemen :

- factoren die we niet kunnen beïnvloeden : zoals regen, sneeuw, hagel en dooiwater.
- Factoren die we wel kunnen beïnvloeden : zoals de vochtigheid van het gebouw zelf, de inwendige restvochtigheid, de condensatie of de vochtigheid ontstaan door het gebruik van het gebouw.

De restvochtigheid die geaccumuleerd wordt tijdens de bouw moet op een zekere wijze geëvacueerd worden. Indien de daksamenstelling en de dakbedekking in koper goed gerealiseerd worden, zal dit geen enkel probleem opleveren. Alle rest- en inwendige vochtigheid (bijvoorbeeld vochtigheid in het hout, het beton, de bepleistering,...) moet zo snel mogelijk geëvacueerd worden zodat het zich kan stabiliseren op een normale waarde van 20% van de massa.



## 2.0 De warmte

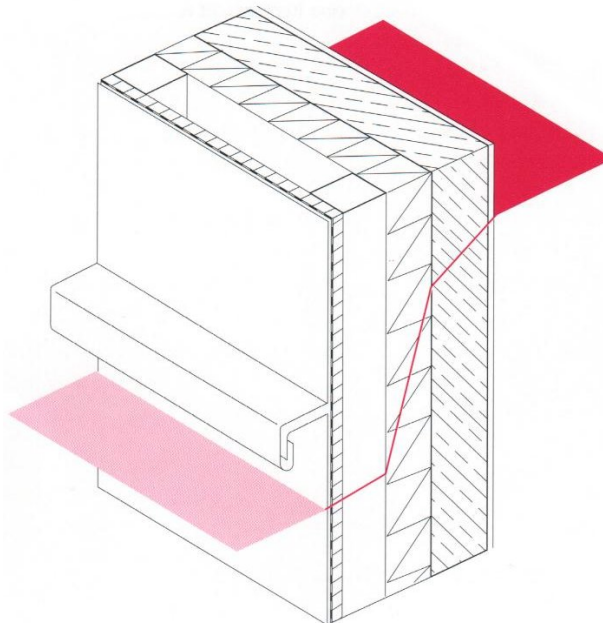
De regels en de technieken die dienen gebruikt te worden voor de productie en het behoud van de warmte in een gebouw vloeien voort uit volgende punten: het bekomen van een comfortabel binnenklimaat, de economische factoren, ecologische factoren en de bescherming van het milieu (energiebesparing).

Een temperatuurval tussen de binnen- en de buitenzijde van een wand veroorzaakt een warmteverlies. De warmte migreert van de warmste zone naar de koudste. De warmtegeleidingscoëfficiënt van elk samenstellend deel van de wand (k-waarde) is primordiaal voor de berekening van de warmteverliezen. Het betreft de verhouding tussen de warmtegeleiding en de dikte van elk samenstellend deel. De oude k-waarden, volgens **EN 832**, werden vervangen door de U-waarde. De samenstellende delen ervan zijn equivalent aan deze van de k-waarde. De k- en U-waarden bepalen de warmtetransmissieverliezen doorheen elk samenstellend deel van een wand van een gebouw. De eenheid van de U-waarde is  $W/m^2\text{°C}$ , wat de hoeveelheid warmte aanduidt die doorheen één  $m^2$  van een samenstellend deel van de wand gaat voor een verschil in luchttemperatuur van  $1\text{°C}$  tussen elke zijde van het materiaal. Dus, hoe lager de U-waarde, hoe beter de bescherming.

## 3.0 Het geluid

De vrees voor het contactgeluid van de regen op een koperen dak is ongegrond. Enerzijds is de koperen dakbedekking stevig bevestigd op de drager, en anderzijds is de regen opgebouwd uit een veelvoud van kleine druppeltjes. Dit leidt tot een regelmatig en vrij zacht geluid dat ook nog gedempt wordt door de waterlaag die zich snel vormt aan het oppervlak van het dak. De thermische isolatie vormt een bijkomende akoestische isolatie. In vergelijking met andere types van dakbedekking, wijkt het geluidsniveau niet significant af.

Schematische voorstelling van de warmtestromen



## OMSCHRIJVING VAN DE VERSCHILLENDE SAMENSTELLENDEN DELEN VAN EEN DAKOPBOUW

### 4.0 De kepers :

Als houten dragende structuur dienen de kepers beschermd te worden tegen de aanval van insecten en zwammen. Om de schadelijke invloed van agressieve stoffen, waartoe de houtbeschermingsproducten behoren, te vermijden zal er een scheidingslaag geplaatst worden aan de onderzijde van het koper.

### 4.1 Dampscherm :

Een membraan dat fungeert als dampscherm wordt gedefinieerd als een materiaallaag waarvan  $s_d \geq 2m$ . Dit definieert de diffusieweerstand van een materiaallaag van een molecule waterdamp. Het dampscherm dient steeds onder de isolatie geplaatst te worden (aan de warme zijde). Om elke waterdampconvectie te vermijden zal een buitengewone aandacht noodzakelijk zijn ter hoogte van de voegen en de hoeken. Alle diffusievochtigheid zal verspreid worden via de verluchte ruimte.

### 4.2 Dampschermbarrière :

De dampschermbarrière heeft een waarde  $s_d \geq 100m$ . De niet-geventileerde opbouwen moeten een dergelijk dampscherm te bevatten. Dit is noodzakelijk, want als de opbouw niet geventileerd is, kan de vochtigheid niet degelijk door convectie langs de voegen van de koperen dakbedekking geëvacueerd worden. Bij de geventileerde opbouwen is een dampscherm voldoende, maar zelfs hiervoor is een dampschermbarrière aan te raden. De dampschermbarrières zijn lucht- en waterdicht en een buitengewone aandacht is gevraagd bij de voegen en de hoeken.

### 4.3 Thermische isolatie :

De thermische isolatie wordt doorgaans tussen de kepers aangebracht maar het is eveneens mogelijk om deze op de kepers te plaatsen, of dit voor niet-gebruikte zolderruimtes te doen onder de kepers. Bij de traditionele isolatieplaatsing verliest men het minste ruimte. Indien men ruimtes niet geïsoleerd laat, hebben deze een ongunstige invloed op het geheel van de isolatie want zij veroorzaken convectiestromen. Wanneer men de isolatie op of onder de kepers aanbrengt, verminderd men de koudebruggen. De meest aangewende isolatiematerialen zijn producten in paneelvorm van organische of anorganisch aard (bvb. : minerale vezels), verschillende soorten isolatieschuimen van polyurethaan of polystyreen en cellenglas.

#### 4.3.1 Isolatie op basis van vezels :

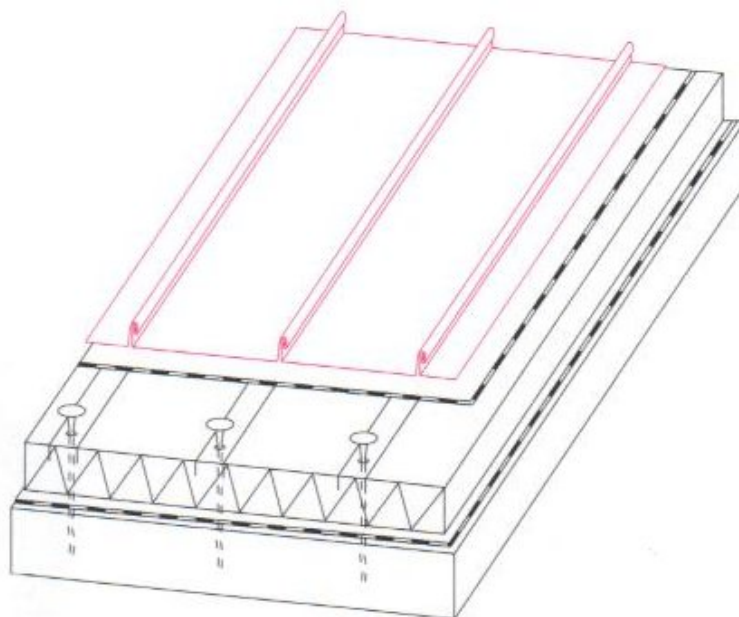
De isolatiematerialen op basis van vezels dienen goed bevestigd te worden om een constant volume te behouden, dit om een verschuiving te vermijden dit kan leiden tot een verlies van de geventileerde ruimte bij geventileerde opbouwen.

#### 4.3.2 Isolatie van stijve schuimplaten:

De stijve schuimplaten in polyurethaan (PUR) en in polystyreen (PS) worden regelmatig aangewend om te isoleren aan de bovenkant van de kepers. Omwille van zijn grote samendrukkingweerstand is PUR eveneens frequent gebruikt bij platte daken. De isolatiepanelen zijn eveneens met ingebouwde bevestigingen beschikbaar zodat de koperen bedekkingen zonder uitgesproken koudebruggen kunnen bevestigd worden.

#### 4.3.3 Isolatie in cellenglas:

De isolatie in cellenglas absorbeert de vochtigheid niet en heeft een zeer goede drukweerstand. Deze is dus zeer goed aangewezen voor toegankelijke daken. De isolatie in cellenglas is eveneens beschikbaar met ingebouwde bevestigingen zodat de koperen bedekkingen zonder uitgesproken koudebruggen kunnen bevestigd worden.



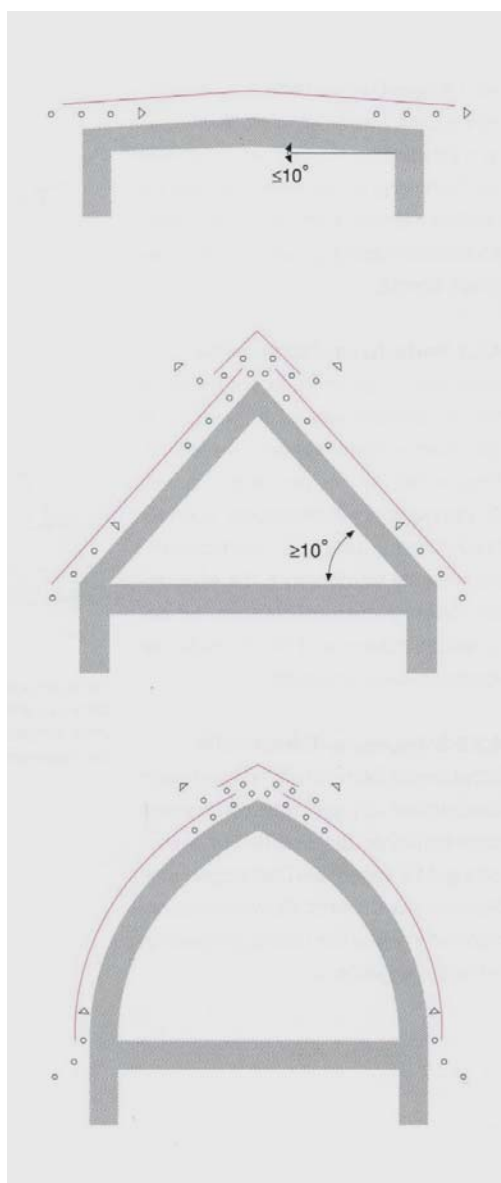
#### 4.4 Onderdak en voorlopige bedekking

Het onderdak wordt op de isolatie geplaatst met de bedoeling waterindringing in de draagstructuur en de isolatieopbouw te verhinderen. Tijdens de bouw kan het onderdak ook als tijdelijke waterdichting dienen. Bijkomend, is het onderdak een verhoging voor het binnendringen van insecten zodat men het zou kunnen stellen zonder chemische behandeling van het hout. Om zich te verzekeren over het snel drogen van de vochtigheid geproduceerd tijdens de bouw, moet het onderdak dampdoorlatend zijn. De  $s_d$ -waarde van het onderdak moet  $\leq$  aan deze van de dampschermbarrière.

#### 4.5 Luchtlaag

Bij geventileerde opbouwen vervult de luchtlaag boven de isolatie volgende functies:

- De evacuatie van de vochtigheid toestaan die diffundeert doorheen de opbouw;
- De warmteaccumulatie onder de bedekking in de zomerperiode verminderen;
- De vochtigheid verwijderen die van buiten is ingedrongen;
- De druk egaliseren tijdens de storm (onder- en bovendruk);
- Een bijkomende buffer realiseren tussen buiten en binnen:
  - o Om condensatie te voorkomen;
  - o Om het droogproces van de totaal dakopbouw te versnellen.



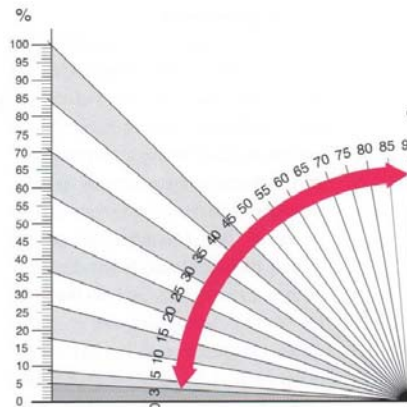
#### 4.5.1 Luchtstroomsnelheid en dakhelling:

Voor het beheer van de vochtigheid heeft de luchtstroomsnelheid een doorslaggevende invloed voor het goed functioneren van een dak. Een slecht gedimensioneerde ventilatieruimte veroorzaakt het risico van een te grote luchtstroom welke een ongunstige rol kan spelen. De stroom kan zelfs verminderen of stoppen. De lucht verzadigd met waterdamp zou aldus condens kunnen produceren.

#### 4.5.2 Volume van de ventilatieruimte:

De beste thermische stromen worden bekomen bij verticale luchtsputten. Bij lichte dakhellingen zijn de condities om een goede luchtstroom te bekomen ongunstig. Bij hellingen  $\leq 10^\circ$ , dient men zich niet te beroepen op een ventilatie via de nok. Indien de helling  $> 10^\circ$ , gebeurt de ventilatie via de openingen aan de druipband en de uitgang aan de nokzijde. Indien de ventilatieruimte  $\geq 15\text{m}$  lang is, veronderstelt men dat de ventilatiestroom stopt omwille van de verliezen veroorzaakt door de wrijving op de oppervlakken. Dus, bij grotere lengtes dienen aangepast tussenliggende ventilatie voorzien te worden. Dit kan gerealiseerd worden door trappen functionerend als tussenliggende ventilatie. In het algemeen zullen de luchttoegangen op de laagst gelegen punten van het te bedekken dakvlak voorzien worden en de uitgangen op de hoogst gelegen punten.

De berekening van de dakhelling in %.



De tabel geeft de standaardwaarden weer voor het gebruik van metalen dakbedekkingen (helling, openingen luchttoevoer, openingen van de luchtuitgang, minimum hoogte van de ventilatieruimte).

Helling	Luchttoevoer	Luchtafvoer	Min. hoogte ventilatieruimte
3-20°	1/500 (2.0 ‰)	1/400 (2.5 ‰)	10 cm
Voor hellingen van 3 – 8° moeten de ventilatieopeningen liefst continu zijn	Bijhorend dakoppervlak	Bijhorend dakoppervlak	
> 20°	1/500 (2.0 ‰)	1/400 (2.5 ‰)	5 cm
Dit betekent dat de relatie tussen : luchttoevoer en luchtuitgang, 2.0 ‰ à 2.5 ‰ van het volledig dakoppervlak vertegenwoordigt.			

#### **4.6 Houten bebording:**

Bij metalen dakbedekkingen verzorgt de onderstructuur de draagfunctie van de bedekking. Een bedekking die de techniek van de gesloten naden gebruikt is niet zelfdragend en dient bijgevolg ondersteund te worden. De best technologische oplossing is om een houten bebording te gebruiken. De minimumdikte van de planken is 24 mm en hun breedte van 80 tot 160 mm, maar voor sommige toepassingen is een dikte van 30 mm noodzakelijk. In 't algemeen dienen de bebordingsplanken evenwijdig geplaatst te worden aan de voet van het dakvlak. Bij draagstructuren evenwijdig aan de voet van het dak, dient de bebording hierop haaks aangebracht te worden. In geen enkel geval zal de bebording evenwijdig aan de koperen banden geplaatst worden.

##### **4.6.1 Houtvezelplaten:**

De kwaliteit van de houtvezelplaten zal van het type buitenschrijnwerk zijn. Toch zal men voor complexe vormen, meerdere lagen van deze platen dienen te gebruiken om een minimum dikte van 22 mm te bekomen. Deze dikte is noodzakelijk voor een goede bevestiging van de klangen van de koperen bedekking.

##### **4.6.2 Vezelplaten op basis van minerale elementen:**

De eerste eigenschap van deze vezelplaten gefabriceerd bij middel van cement of andere minerale elementen is hun brandweerstand (weinig of niet ontvlambaar).

Geplaatst op een draagstructuur die goed aan de brand weerstaat, dragen deze platen bij tot de realisatie van bouwwerken met een zeer hoge brandweerstand.

##### **4.6.3 Houten multiplexplaten:**

Voor specifieke redenen (bvb. Vuurbestendigheid) kunnen dragers met een particuliere vorm nodig zijn. Deze zijn uitgevoerd in trapezoidale aluminium of verzinkte elementen bekleed met een bijkomende corrosiebescherming op hun buitenkant. In dit geval zal men gebruik maken van een scheidingslaag dewelke het volledige oppervlak moet dekken, wat ook de dakhelling is.



#### **4.7 De scheidingslagen**

Het is aangeraden een scheidingslaag te gebruiken die, zodra ze bevestigd is op de onderstructuur (bvb. : bebording), zal toelaten:

- deze te beschermen tegen de regen
- de eventuele oneffenheden van de drager te minimaliseren
- het koper te beschermen tegen het abrasief effect van de drager
- het wrijvingscoëfficiënt te verminderen
- elk contact tussen de metalen bedekking en de houtbeschermingsproducten te verhinderen.

##### **4.7.1 Gewapend bitumenmembraan:**

De materialen die gevoelig zijn voor de weersomstandigheden tijdens de bouw (bebording, isolatie,...) dienen hiertegen beschermd te worden. In het algemeen is het aangewezen om bitumenlagen, gewapend met glasvezels of andere materialen, te gebruiken. Het oppervlak ervan is meestal met een dunne zand- of talklaag bedekt.

##### **4.7.2 Bitumineus waterdichtingsmembraan:**

Deze waterdichte membranen worden hoofdzakelijk gebruikt voor de waterdichting van platte daken. Ze zijn gewapend met glasvezel-, polyester- of aluminiumfolie. Deze worden vaak gebruikt bij langdurige bescherming op de werf (winterperiode). Bij koperen dakbedekkingen, is het vaak gebruikelijk om deze bitumineuze membranen achterblijven als scheidingslaag.

#### 4.8 De klangen

De koperen bedekking wordt op de onderstructuur (bvb. : bebording) bevestigd met klangen. Deze klangen zijn van hetzelfde metaal gemaakt dan de bedekking of in speciaal staal. De klangen worden bevestigd op de onderstructuur en houden de koperen bedekking vast ter hoogte van de voegen tussen de banen. Deze klangen worden samen met de staande naad van de banen gefelst. Ze zijn dus onzichtbaar. Er wordt gebruik gemaakt van vaste en schuifklangen die verdeeld worden in functie van de dakhelling en van de lengte van de gebruikte banen.

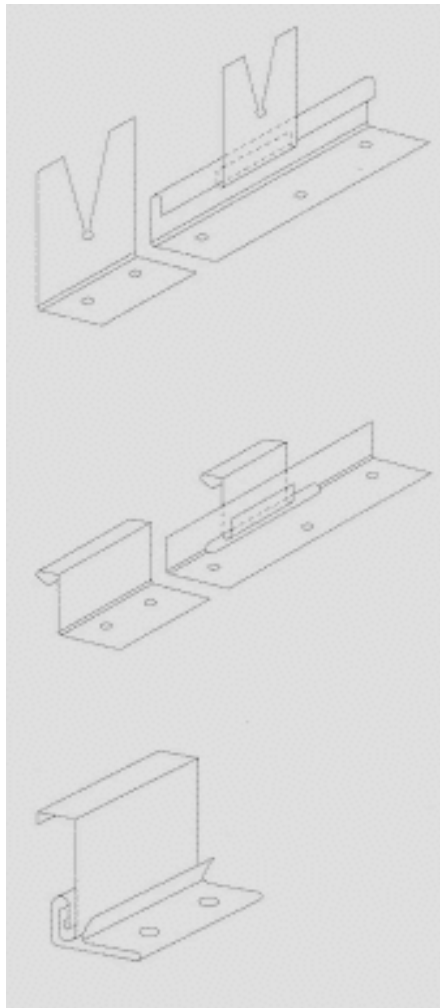
##### 4.8.1 De vaste klangen:

In het algemeen wordt een vaste klang gebruikt voor elke hand- of voorgeprofileerde koperen baan (de andere klangen zijn van het schuiftype). Echter, voor koperen banen tot 3m lengte wordt misschien enkel met vaste klangen gewerkt. Daar de beweging van uitzetting en krimp slechts zwak is (zie eveneens 13.0 « De temperatuur en de uitzetting/krimp bewegingen ») kan deze opgevangen worden door vaste klangen.

Voor dakhellingen  $\leq 10^\circ$ , wordt de vaste klang in het midden van de lengte van elke baan aangebracht. Dit om maximaal de uitzettingslengte te verkorten en om vervorming van de baan te vermijden. Bij dakhellingen  $> 10^\circ$ , wordt de vaste klang zo dicht mogelijk bij de nok geplaatst (zie eveneens 12.1 « Aantal en afstand tussen de bevestigingsklangen »).

##### 4.8.2 De schuifklangen :

De schuifklangen zijn opgebouwd uit twee delen: het onderste deel wordt op  $90^\circ$  geplooid en mechanisch bevestigd op de draagstructuur en een bovenste deel dat langs het onderste schuift, zodanig dat de bewegingen van uitzetting en krimp kunnen opgevangen worden. Tijdens de plaatsing van banen moeten de schuivende delen steeds in het midden van de gleuven geplaatst worden.



Vaste- en schuifklang

Voorgeprofileerde  
Vaste- en schuifklang

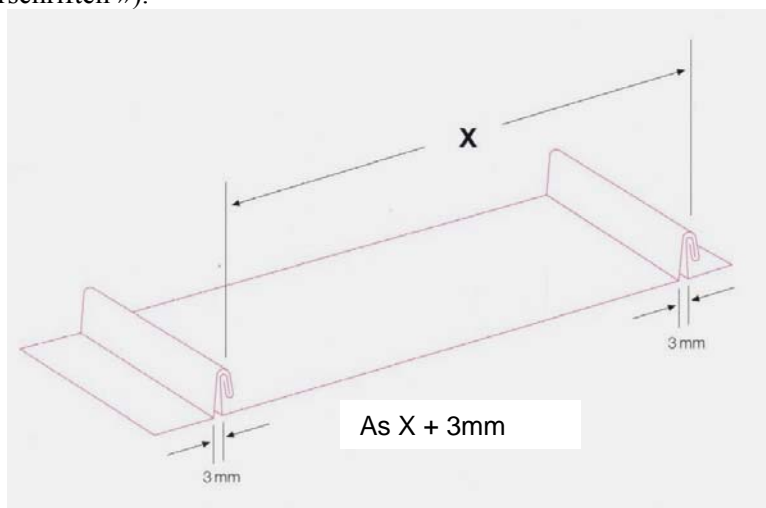
Voorgeprofileerde schuifklang

## 4.9 De koperen bedekking

De koperen bedekkingen kunnen gerealiseerd worden door koperen banen, platen, geprofileerde elementen of kleine koperen elementen.

### 4.9.1 De bedekking met koperen banen:

Om de kosten te beperken, wordt deze oplossing het meest gebruikt. Banen worden geprofileerd vanaf rollen van verschillende lengte en breedte. De dikte van de koperen banen bedraagt 0.6 of 0.7mm. De opstanden voor het realiseren van gesloten voegen tussen de banen bedragen twee maal 35mm wanneer men een profileermachine en een mechanische sluitingsmachine gebruikt of twee maal 40mm bij manuele sluiting. Bijgevolg is de nuttige breedte van een baan van 600mm slechts 520 à 530mm afhankelijk van de gebruikte techniek. De opstanden zijn niet in 90° geplooid om een speling van 3 – 4mm tussen de banen te laten om de dwarse uitzetting op te vangen. De nuttige standaardbreedte van 520/530mm kan gebruikt worden bij om het even welke hoogte van het gebouw. Ze geeft aan de bedekking een esthetisch aspect met een perfecte verhouding (voor het gebruik van bredere banen, dienen de waardes opgenomen in tabel 12.1 die het aantal en de afstand tussen de klanken weergeven in functie van de wind gerespecteerd te worden). Het samenvoegen in de langsrichting van de koperen banen wordt gerealiseerd volgens de techniek van de dubbele sluiting (staande naad), de enkelvoudige plooi (staande naad) of van de roeflat. De dwarse verbindingen worden gerealiseerd door enkele of dubbele aanhaking. (zie eveneens deel « De plaatsingsvoorschriften »).

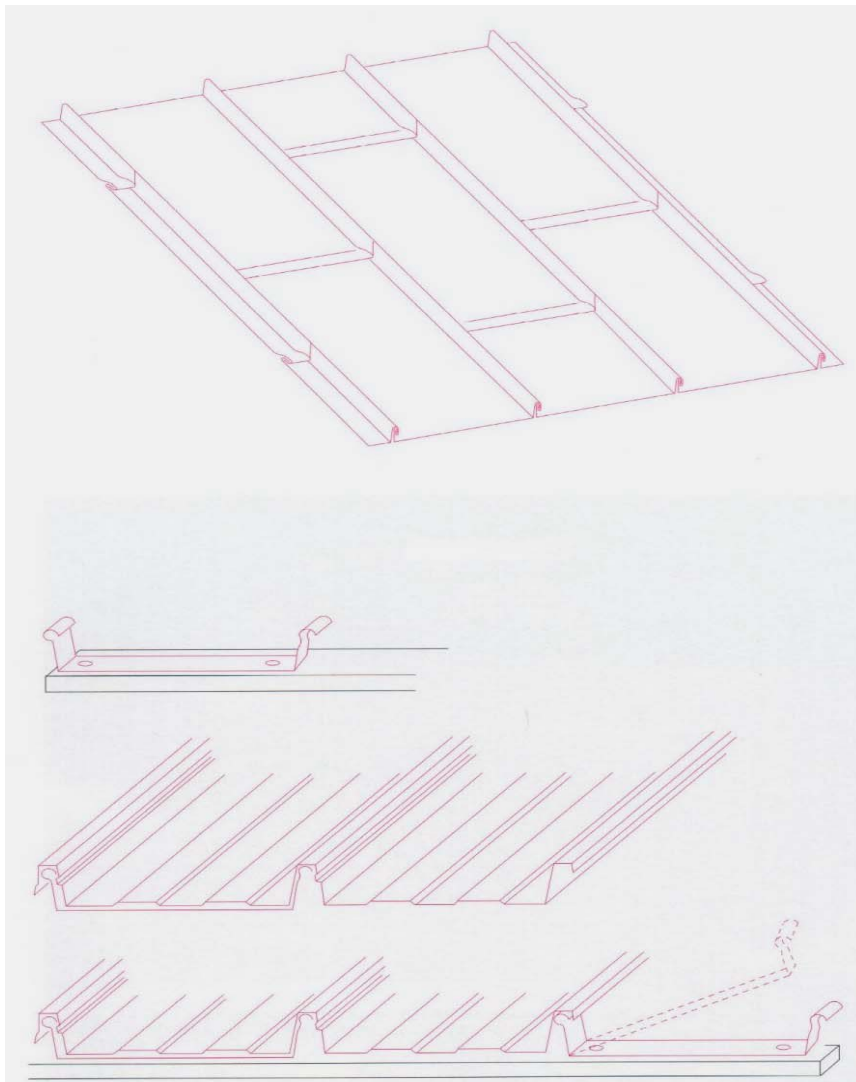


#### 4.9.2 De bedekking met koperen panelen :

Deze panelen werden gebruikt toen er nog geen producten bestonden in de vorm van banen van grote lengte. Men beschikte toen enkel over eenvoudige bladen van maximum 1000 x 2000mm, die vervolgens verdeeld werden in banen van ongeveer 666 en 500mm. Gezien het grote aantal dwarse voegen, vraagt dit type bedekking veel handwerk. Momenteel wordt deze techniek voornamelijk gebruikt bij de restauratie van oude gebouwen of voor esthetische redenen. Vanuit technisch oogpunt is de bedekking met panelen gelijkaardig aan de bedekking met banen. Men dient er op te letten dat de dwarse voegen alternerend zijn om assemblageknopen, die niet waterdicht zijn, te vermijden.

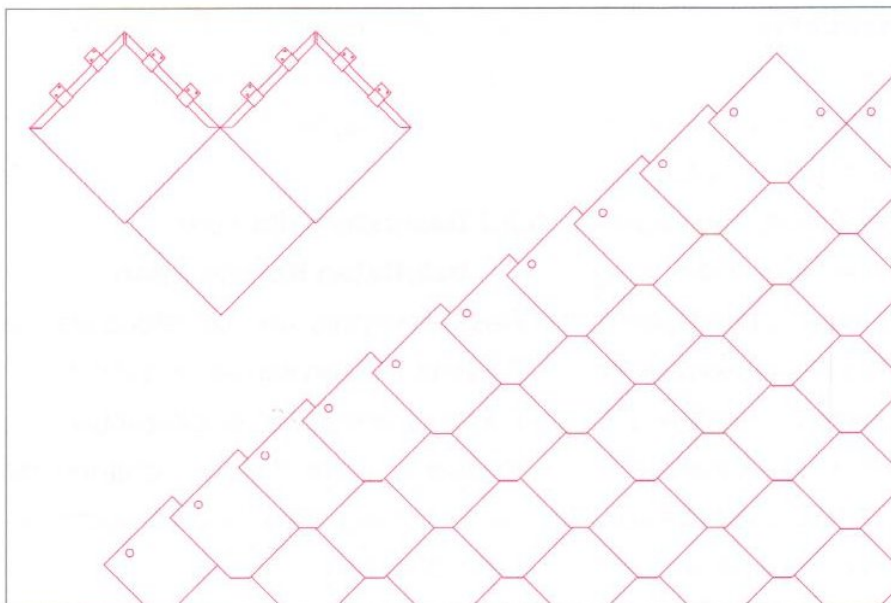
#### 4.9.3 De bedekking met geprofileerde elementen :

De geprofileerde banen geven aan de bedekking tevens een dragende functie. Deze elementen worden geplaatst op een bebording of een structuur in metalen of houten profielen. Er wordt geen draagstructuur gebruikt. De bevestiging wordt gerealiseerd met onzichtbare klampen bevestigd op een draagstructuur die de bewegingen van uitzetting en krimp toelaat. Bijgevolg is de lengte van de banen niet beperkt zoals bij de bedekking met koperen banen. Gezien de helling minimum 1.8° bedraagt, passen de bedekkingen in geprofileerde elementen enkel bij zwakke dakhellingen.



#### 4.9.4 De bedekkingen met kleine elementen :

Dit type bedekking bestaat uit elementen van kleine afmeting die bevestigd worden op bebordingsplanken of panelen door gebruik te maken van klangen of nagels in koper. Er bestaan ruitvormige of vierkante elementen die, afhankelijk van hun schikking, buitengewoon interessante esthetische aspecten opleveren. Oorspronkelijk werden deze elementen gebruikt op het platteland als gevelbekleding beschermend tegen slechte weersomstandigheden. Hun gebruik dient zich te beperken tot daken met een helling  $\geq 30^\circ$ . Ze worden hoofdzakelijk toegepast bij de gevelbekleding van dakvensters, schouwen en dakranden.



## 5.0 De opbouwen van het geventileerde type

De verluchte daken zijn opgebouwd uit 2 hoofddelen. De koperen bekleding, zijn eventuele scheidingslaag en de draagstructuur (bvb.: bebording) vormen de buitendeel. De dragende structuur die de dampbarrière of damp scherm en de isolatie (en eventuele onderdakfolie) omvat, vormt het binnendeel. De geventileerde ruimte die zich tussen die twee lagen bevindt is met de buitenzijde verbonden via luchttoegangen en luchtuitgangen die luchtverversing bewerkstelligen. Zodoende kan alle vochtigheid, die van de dakopbouw of van buitenaf komt, geëvacueerd worden.

### 5.0.1 De beïnvloedingsfactoren

De evacuatie van de vochtigheid hangt af van:

- De snelheid van de luchtstroom in de verluchte ruimte, welke op zijn beurt afhangt van :
  - Het volume van deze ruimte ;
  - Van de dakhelling ;
  - Het drukverschil tussen luchttoevoer en afvoer ;
  - De wrijvingscoëfficiënt van de raakvlakken ;
  - De sectie van de toevoer- en afvoeropeningen;
  - De thermische isolatie;
  - hoeveel de binnenkomende lucht zich opwarmt.
- De capaciteit, van de lucht in de verluchte ruimte, om vochtigheid te absorberen, welke op haar beurt afhangt van :
  - De relatieve luchtvochtigheid van de toevoerlucht ;
  - Hoeveel de buitenlucht zich opwarmt ;
  - Van het temperatuurverschil tussen binnen en buiten .

### 5.0.2 Specificiteiten van de geventileerde opbouwen :

- De residuele of binnenkomende vochtigheid wordt snel afgevoerd ;
- Elke incidentele waterindringing van buitenaf veroorzaakt bijna geen schade aangezien de verluchting een snelle opdroging verzekert ;
- De oververhitting in de zomerperiode worden door de verluchting geëvacueerd ;
- De luchtlaag behoedt het « binnendeel » voor de belangrijkste temperatuurschommelingen ;

### 5.1 Verluchting en verluchting van buitengewone oppervlakken

Bij buitengewone realisaties als zoldervensters, dakvlakvensters, hoekkepers, kilgoten, of cilindervormige daken, mag de luchtstroom onderbroken worden. De luchtstroom vraagt dan om anders gestuurd te worden. In de mate van het mogelijke dienen deze omleiding van de luchtstroom tot een minimum beperkt te worden. Om dit te doen bestaan er talrijke oplossingen die dikwijls specifiek zijn aan elk geval. In het algemeen dient men, waar de luchtstroom niet kan gegarandeerd worden, gebruik te maken van een constructief systeem van het niet geventileerde type.

Indien koepels en pyramiden gerealiseerd worden als aparte entiteiten, zijn deze geventileerd en verlucht via de randen en het hoogste punt van de constructie.

## **6.0 De opbouwen van het niet geventileerde type**

Bij de opbouwen van het niet geventileerde type vormen de koperen bedekking, de eventuele scheidingslaag, de bebording, de draagstructuur en de isolatie een samenhangend geheel zonder verluchtingsruimte. Als de bedekking zich opwarmt, zal de vochtigheid van/of die binnengedrongen is in de gehele opbouw zich omvormen in waterdamp. De uitzetting van de lucht en de toename van de druk die er uit voortvloeit, veroorzaakt een gedeeltelijke evacuatie van deze via de staande naden. Wanneer de gehele opbouw opnieuw afkoelt, vermindert het luchtvolume waardoor de dampdruk afneemt. Er ontstaat een onderdruk onder de bedekking en koudere onverzadigde lucht komt in de opbouw. Dit « pompeffect » is het enig middel om de, in de opbouw eventueel aanwezige, vochtigheid te evacueren via de staande naden.

### **6.0.1 De beïnvloedingsfactoren :**

Bij opbouwen van het niet geventileerde type, dient men verplicht rekening te houden met volgende factoren:

- Er moet een dampbarrière gebruikt worden die volkomen waterdicht is
- De samenstellende delen van de dakopbouw dienen zo weinig mogelijk residueel vocht te bevatten;
- Bij hellingen  $\leq 7^\circ$ , dienen staande naden gerealiseerd te worden waarbij bijkomende waterdichte banden gebruikt worden.

### **6.0.2 Specificiteiten van de niet geventileerde opbouwen :**

- De opbouw is vereenvoudigd ;
- Het is mogelijk om gemakkelijker complexere dakvormen te realiseren.