

## 2 Damptransport

### 2.1 Basisbegrippen: gaswetten

De lucht waarin we ons bevinden bestaat uit een groot aantal gassen, waaronder zuurstof (circa 21 vol.% van de lucht bestaat uit O<sub>2</sub>), stikstof (circa 78 vol.% van de lucht bestaat uit N<sub>2</sub>), en kleine hoeveelheden van andere gassen: kooldioxide, argon en ook waterdamp. Waterdamp maakt maar een klein deel uit van deze gassen. Alleen in gecondenseerde vorm - in de vloeibare fase - is waterdamp zichtbaar; als mist - gecondenseerd om stofdeeltjes - of als condensvocht op oppervlakken.

De luchtdruk - die met een barometer wordt gemeten - wordt veroorzaakt door alle gassen die aanwezig zijn. Ook de waterdamp neemt een klein deel van die druk voor z'n rekening. De som van de partiële drukken, veroorzaakt door alle gassen, vormt de luchtdruk die we ervaren: de wet van Dalton.

De hoeveelheid vocht die in de lucht aanwezig is kan worden aangeduid als de partiële dampdruk of (water-) dampspanning  $P$  in [Pa].

Duiden we de luchtdruk van alle gassen, uitgezonderd waterdamp aan als de luchtdruk  $P_l$ , dan kan de wet van Dalton worden geschreven als

$$P_b = P_l + P \quad (78)$$

met

$P_b$  barometrische luchtdruk [Pa]

$P_l$  luchtdruk door de 'droge' lucht [Pa]

$P$  waterdampspanning [Pa]

Wanneer we de waterdamp in lucht als een mengsel van ideale gassen beschouwen, geldt de wet van Boyle Gay-Lussac ook voor de waterdamp in de lucht:

$$P.V = m.R.T \quad (79)$$

met:

$P$  waterdampspanning [Pa]

$V$  volume van de lucht [m<sup>3</sup>]

$m$  massa van de waterdamp [kg]

$R$  gasconstante: 462 [J/(kgK)]

$T$  absolute temperatuur van de waterdamp [K]

De hoeveelheid vocht in de lucht kan op verschillende manieren worden gegeven.

De waterdamconcentratie is de massa van de waterdamp per eenheid van volume van de lucht, uitgedrukt in kg/m<sup>3</sup> of g/m<sup>3</sup>.

Met Boyle Gay-Lussac wordt het verband tussen de dampspanning en de waterdamconcentratie gevonden

$$c = m/V = P/(R.T) \quad (80)$$

De waterdamconcentratie wordt ook wel absolute luchtvochtigheid genoemd.

De hoeveelheid vocht die lucht kan bevatten is afhankelijk van de temperatuur. Hoe hoger de temperatuur, hoe meer vocht de in lucht aanwezig kan zijn.

We kennen dus een maximale waterdampconcentratie  $c_m$  en een verzadigingsdampspanning  $P_m$ .

## 2.2 Relatieve luchtvochtigheid, dauwpuntstemperatuur

De relatieve luchtvochtigheid is de in de lucht aanwezige hoeveelheid waterdamp, gedeeld door de hoeveelheid waterdamp die bij die temperatuur maximaal aanwezig kan zijn.

Als formule:

$$\varphi = 100 \cdot P / P_m = 100 \cdot c / c_m \quad (81)$$

met:

- $\varphi$  de relatieve luchtvochtigheid [%]
- $P$  waterdampspanning [Pa]
- $P_m$  verzadigingsdampspanning [Pa]
- $c$  waterdampconcentratie [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
- $c_m$  maximale waterdampconcentratie [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

Wordt lucht met een bepaalde hoeveelheid waterdamp afgekoeld, dan zal bij een zekere temperatuur de waterdampconcentratie  $c$  gelijk zijn aan de maximale waterdampconcentratie  $c_m$ : deze temperatuur wordt de dauwpuntstemperatuur genoemd. Bij een nog lagere temperatuur dan de dauwpuntstemperatuur zal condensatie optreden.

## 2.3 Dampdiffusie

Damptransport in een vertrek, maar ook door een constructie, kan in principe op twee wijzen plaatsvinden: door luchtstroming en door dampdiffusie. Bij luchtstroming is alleen de verplaatsing van de lucht verantwoordelijk voor het damptransport, het dampdrukverschil is niet van belang. Dit kan er toe leiden dat het damptransport onder invloed van luchtstroming ook kan plaatsvinden van een plaats met een lage dampspanning naar een plaats met een hoge dampspanning.

Bij dampdiffusie vindt damptransport alleen plaats van een plaats met een hoge dampspanning naar een plaats met een lage dampspanning:

$$q = - \delta_i \cdot \text{grad } P \quad (82)$$

met:

- $q$  dampstroom (-dichtheid) [ $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$ ]
- $\delta_i$  waterdampgeleidingscoëfficiënt [s]
- $\text{grad } P$  dampdruk gradiënt [ $\text{Pa}/\text{m}$ ]

De waterdampgeleidingscoëfficiënt is afhankelijk van de temperatuur en de massa van de lucht. Voor  $\delta_i$  kan gewoonlijk met een waarde van  $0,185 \cdot 10^{-9}$  s worden gerekend.

Vaak wordt bovenstaande formule anders weergegeven:

$$q = \Delta P / R_d \quad (83)$$

met:

$q$  dampstroom (dichtheid) [ $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$ ]

$\Delta P$  dampdruk verschil [ $\text{Pa}$ ]

$R_d$  dampdiffusieweerstand [ $\text{m}/\text{s}$ ]

## 2.4 Rekenen met dampdiffusieweerstanden

Voor de dampdiffusieweerstand geldt:

$$R_d = \delta_i^{-1} \mu d = 5,4 \cdot 10^9 \mu d \quad (84)$$

met:

$\mu$  dampdiffusieweerstandsgetal [-]

$d$  dikte van de materiaallaag [ $\text{m}$ ]

Hierin is  $\mu$  de verhouding tussen de dampdiffusieweerstand van een laag materiaal en een even dikke luchtlaag, ook wel  $\mu$ -waarde genoemd. Voor vele materialen is de  $\mu$ -waarde afhankelijk van het vochtgehalte. Toch wordt gewoonlijk met een waarde onafhankelijk van het vochtgehalte gerekend.

De dampstroom kan ook berekend worden uitgaande van een waterdampconcentratieverschil. Er wordt dan gevonden:

$$q = \Delta c / Z_d \quad (85)$$

met:

$q$  dampstroom (dichtheid) [ $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$ ]

$\Delta c$  waterdampconcentratie verschil [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$Z_d$  dampdiffusieweerstand [ $\text{s}/\text{m}$ ]

Voor de dampdiffusieweerstand  $Z_d$  kan worden afgeleid:

$$Z_d = R_d / (R \cdot T) \quad (86)$$

zodat:

$$Z_d = \mu d / (\delta_i \cdot R \cdot T) \quad (87)$$

wat bij gemiddelde buitentemperatuur in de winter, en een 'normale' vertrektemperatuur in 'normale' gebouwen leidt tot:

$$Z_d \approx 4,1 \cdot 10^4 \cdot \mu d \quad (88)$$

Omdat (bij het rekenen met dampconcentratieverschillen) voor de diffusieweerstand een 'gemiddelde' waarde voor de absolute temperatuur is ingevuld, is het begrijpelijk dat bij zeer hoge (ovens, schoorstenen) of bij zeer lage (vriescellen) temperatuur beter gerekend kan worden met de dampspanning (formule 83) – of eventueel met concentratieverschillen en formule 86 voor de te hanteren diffusieweerstand. Het product van het dampdiffusieweerstandsgetal en de dikte van de materiaallaag,  $\mu d$ , wordt ook wel de relatieve dampdiffusieweerstand of  $\mu d$ -waarde van een constructie (of materiaallaag) genoemd.

Van een constructie die uit twee homogene vlakke materialen bestaat, mag de dampdiffusieweerstand berekend worden door de dampdiffusieweerstand van de afzonderlijke lagen op te tellen:

$$R_d = \sum R_{d,i} \quad (89)$$

met:

$R_d$  dampdiffusieweerstand van de samengestelde constructie

$R_{d,i}$  dampdiffusieweerstand van een laag

Voor een constructie die uit bijvoorbeeld twee (even dikke) naast elkaar gesitueerde materialen bestaat, (en waarbij tussen de materialen geen damptransport plaatsvindt: er is alleen damptransport van oppervlak naar oppervlak), en dat aan weerszijden aan een verschillend klimaat (lucht) wordt blootgesteld, kan de gemiddelde dampdiffusieweerstand worden:

$$R_d = R_1 \cdot R_2 \cdot (A_1 + A_2) / (A_1 \cdot R_2 + A_2 \cdot R_1) \quad (90)$$

met

$R_d$  dampdiffusieweerstand van de samengestelde constructie

$R_1$  dampdiffusieweerstand van een laag 1

$R_2$  dampdiffusieweerstand van een laag 2

$A_1$  oppervlak van een laag 1

$A_2$  oppervlak van een laag 2

De hiervoor in formule 90 gevonden gemiddelde dampdiffusieweerstand heeft geen fysische betekenis, en is niets anders dan een rekenwaarde bepaald uit de som van twee onafhankelijk dampstromen, omgerekend naar het oppervlak van elk der samenstellende delen van de constructie.

Zo'n constructie zou bijvoorbeeld een dampremmende folie met een perforatie kunnen zijn, wanneer geen luchtstroming door de folie zou kunnen optreden. Bij luchttransport wordt immers, naast het damptransport door diffusie, ook waterdamp verplaatst door luchtstroming.

Zo wordt bijvoorbeeld voor een dampremmende laag met een dikte van 0,3 mm, en een relatieve dampdiffusieweerstand van 35 m, bij aanwezigheid van een scheur van 100 mm lang en 2 mm breed een relatieve dampdiffusieweerstand van 1,4 m gevonden. De conclusie zou dan zijn, dat een kleine perforatie van de dampremmende laag dramatisch is.

In de praktijk zal een dampremmende folie evenwel deel uit maken van een constructie, en gewoonlijk niet aan weerszijden zijn blootgesteld aan de lucht met het verschillende klimaat. Indien aan een zijde van de folie bijvoorbeeld een gipskartonplaat aanwezig is, en de folie aanligt tegen de gipskartonplaat (dus geen volledige dampdrukvereffening tussen folie en gipskartonplaat optreedt) zal het damptransport door de samengestelde constructie ter plaatse van perforatie van de folie aanzienlijk minder zijn. Wanneer de dampstroom overal loodrecht op de constructie zou staan, kan voor de hiervoor gegeven folie met scheur, op een gipskartonplaat met een  $\mu_d$ -waarde van 0,06 m een  $\mu_d$ -waarde voor de samengestelde constructie gevonden worden die tussen 1,5 en 31,8 ligt. De eerste waarde wordt gevonden wanneer er een volledige dampdrukvereffening plaatsvindt tussen folie met perforatie en gipskartonplaat. In het tweede geval (geen dampdrukvereffening tussen lagen, dampstroom loodrecht op constructie) is de invloed van de perforatie zeer klein.

De werkelijkheid zal tussen beide situaties in liggen: er vindt een beperkte dampdrukvereffening plaats tussen de beide lagen, en het damptransport nabij de perforatie is niet eendimensionaal, maar typisch driedimensionaal: de dampstroom 'waaiert uit' over de gipskartonplaat in het gebied achter de perforatie.

In een kritische situatie kan met een berekening volgens de eindige elementenmethode, het driedimensionaal damptransport worden berekend, en daaruit een rekenwaarde voor de dampdiffusieweerstand van de samenstellende lagen.

Klopfer [13] geeft een afleiding voor de berekening van het dampdiffusieweerstandsgetal  $\mu$  van een samenstel van 2 folies van gelijke dikte, die beide een gelijk percentage perforaties hebben. De perforaties zijn willekeurig verdeeld over het oppervlak, waardoor de kans klein is dat perforaties in elk van de folies juist samenvallen. Voor de afleiding is aangenomen dat alleen diffusie plaatsvindt loodrecht op de folie.

$$\mu_v = (1 - 2A_1/A_2) \cdot \mu_2 \quad (91)$$

met:

- $\mu_v$  'vervangende' dampdiffusieweerstandsgetal van de 2 folies [-]
- $A_1$  oppervlak van de perforaties [ $m^2$ ]
- $A_2$  oppervlak van de folie [ $m^2$ ]
- $\mu_2$  dampdiffusieweerstandsgetal van de (niet geperforeerde) folie [-]

Voor wie wil rekenen met relatieve dampdiffusieweerstanden wordt (91):

$$\mu_d v \approx (1 - 2A_1/A_2) \cdot \mu_2(d_1 + d_2) \quad (92)$$

met

- $\mu_d v$  'vervangende' relatieve dampdiffusieweerstand van de 2 folies [-]
- $d_1$  dikte folie 1 [m]
- $d_2$  dikte folie 2 [m]
- $\mu_2$  dampdiffusieweerstandsgetal van de (niet geperforeerde) folie [-]

Hieruit blijkt hoe effectief het is om, wanneer een hoge dampdiffusieweerstand nodig is, twee folies (tegen elkaar geplaatst) toe te passen. Indien twee folies met elk een dikte van 0,3 mm en een dampdiffusieweerstandsgetal van 30000 (in onbeschadigde toestand) beide over 1% van het oppervlak geperforeerd zijn, direct tegen elkaar worden aangebracht, volgt een  $\mu$ d-waarde van ruim 17 m.

Wanneer de som van de diffusieweerstanden van de geperforeerde folies was genomen, was een waarde van minder dan 0,1 m gevonden.

## 2.5 Waterdampoverdrachtscoëfficiënt

Analoog aan het warmtetransport is er ook een (kleine) dampweerstand aan het oppervlak, waarvoor geldt:

$$q = \beta \Delta P \quad (93)$$

met:

$q$  dampstroom (dichtheid) [ $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$ ]

$\beta$  waterdampoverdrachtscoëfficiënt [ $\text{s}/\text{m}$ ]

$\Delta P$  dampdruk verschil (tussen oppervlak en b.v. de vertreklucht) [ $\text{Pa}$ ]

De waterdampoverdrachtscoëfficiënt  $\beta$  is afhankelijk van de luchtsnelheid langs het oppervlak, en van het temperatuurverschil.

Voor de waterdampoverdrachtscoëfficiënt aan het binnenoppervlak wordt gewoonlijk met een waarde van  $22 \cdot 10^{-9}$  s/m aangehouden, voor het buitenoppervlak  $130 \cdot 10^{-9}$  s/m. Deze waarden zijn zeer klein ten opzichte van de dampdiffusieweerstanden van een materiaallaag, zodat ze vaak kunnen worden verwaarloosd.

Tabel 9 is de waterdampoverdrachtscoëfficiënt  $\beta$  gegeven voor een aantal luchtsnelheden langs het oppervlak waar verdamping plaatsvindt. Bij damptransport van lucht naar het oppervlak is de waterdampoverdrachtscoëfficiënt even groot.

Hens [10] geeft de volgende benaderingsformules voor de situatie waarin vrije convectie optreedt:

$$\beta = 27 \cdot 10^{-9} + 0,73 \cdot 10^{-9} (T_i - T_{si}) \quad (94)$$

met:

$T_i$  temperatuur lucht [ $\text{K}$ ]

$T_{si}$  temperatuur oppervlak [ $\text{K}$ ]

Voor temperaturen tussen  $-20$  en  $+30$  °C wordt, voor gedwongen convectie, het navolgende verband gegeven:

$$\beta = 49,9 \cdot 10^{-9} v^{0,875} \quad (95)$$

met:

$v$  luchtsnelheid [ $\text{m}/\text{s}$ ]

## 2.6 Inwendige condensatie

Uit de dampdiffusieweerstand van iedere laag van een samengestelde constructie, en de dampspanning aan weerszijden van de constructie kan de dampspanning op iedere plaats in de constructie worden berekend.

Evenzo kan uit de warmteweerstand van iedere laag van de constructie en de temperatuur aan weerszijden de temperatuur op iedere plaats in de constructie worden bepaald, waaruit de maximale dampspanning op iedere plaats in de constructie gegeven.

Wanneer op enige plaats in de constructie de uit de diffusieweerstanden berekende dampspanning hoger is dan de maximale dampspanning, is daar een fysisch niet mogelijke situatie gevonden. In die situatie treedt inwendige condensatie op.

De plaats waar de condensatie optreedt kan worden bepaald volgens de methode van Glaser. Deze methode wordt in deze cursustekst niet verder uitgelegd, zie daarvoor literatuur [9] en [14].

De methode Glaser geeft ook aandacht aan de droging van de constructie: aangenomen wordt dat ('s zomers) verdamping optreedt vanaf het vlak waar de condensatie is opgetreden. In dat vlak heerst de verzadigingsdampspanning, droging treedt op door dampdiffusie (naar binnen en buiten).

Door de (uit de diffusieweerstanden of volgens de methode Glaser) berekende dampspanning te delen door de maximale dampspanning wordt de relatieve luchtvochtigheid op elke diepte in de constructie gevonden. In de stationaire situatie zal, bij hygroscopische materialen in het materiaal het evenwichtsvochtgehalte heersen dat behoort bij de relatieve luchtvochtigheid op die plaats.

In de methode Glaser zijn een aantal vereenvoudigingen doorgevoerd:

- capillaire invloeden zijn niet meegerekend
- er wordt een stationaire toestand verondersteld, thermische en hygrische traagheid wordt verwaarloosd
- er wordt uitgegaan van een aaneengesloten periode van condensatie, en een aaneengesloten droogperiode. In werkelijkheid zullen perioden condensatie afgewisseld worden door perioden van droging
- temperatuursverhoging door zonbestraling wordt verwaarloosd
- temperatuursverlaging door nachtelijke uitstraling wordt genegeerd
- de hoeveelheid condensvocht wordt in een vlak gedacht
- hygroscopische effecten worden verwaarloosd
- de warmtegeleidingscoëfficiënt wordt beschouwd als een constante (maar is onder meer afhankelijk van het vochtgehalte)
- de dampdiffusieweerstand wordt ook constant verondersteld (ook afhankelijk van het vochtgehalte)
- energetische invloeden van verdamping en condensatie worden verwaarloosd: er wordt geen rekening gehouden met condensatie- en verdampingswarmte

Bij de 'verbeterde methode Glaser' wordt aan een aantal bezwaren tegemoet gekomen: er wordt gerekend met maandgemiddelde klimaatomstandigheden, de invloed van bezonning en nachtelijke uitstraling wordt meegenomen.

De  $\mu$ -waarde van de toegepaste materialen is veelal niet precies bekend. Wel kan men vaak uit veel metingen en/of literatuur een maximale en een minimale waarde vinden.

Bij berekeningen dient veiligheidshalve voor materialen toegepast aan de warme zijde van het vlak van condensatie met de laagste  $\mu$ -waarde gerekend te worden, voor constructielagen aan de koude zijde van dit vlak met de hoogste waarde.

De capillaire eigenschappen van een materiaal waarin condensatie plaatsvindt spelen een rol van belang.

- Treedt condensatie op tegen een dampremmende laag, in een niet-capillair materiaal dan zal laatste materiaal over een bepaalde dikte verzadigd raken.
- Bij condensatie in een vlak waarbij aan de koude zijde een capillair materiaal, aan de warme zijde een niet-capillair materiaal ligt, zal het vocht aanwezig zijn in het capillaire materiaal. Het vochtgehalte is over een zekere laagdikte kritisch.
- Bij condensatie in een vlak waarbij aan weerszijden capillaire materialen liggen, zal het vocht aanwezig zijn in beide materialen, afhankelijk van de waterabsorptie coëfficiënt van beide materialen. In beide materialen is het vochtgehalte over een zekere laagdikte kritisch.
- Bij condensatie in een vlak waarbij aan de koude zijde een dampremmend afgewerkt capillaire materiaal, aan de warme zijde een niet-capillair materiaal ligt, zal op twee plaatsen condensatie optreden. Op zowel het hiervoor bedoelde vlak treedt condensatie op, als onder de dampremmende laag (bv dakbedekking).

## 2.7 Eisen bij inwendige condensatie

Voor gebouwen waarin een normale luchtvochtigheid heerst (klimaatklasse I t/m III) eist men gewoonlijk dat 's winters niet meer vocht mag condenseren, dan 's zomers door verdamping kan verdwijnen. Ook mag geen schade ontstaan aan de constructie.

Bij gebouwen waarin een hoge luchtvochtigheid heerst (drukkerijen, zwembaden etc.) wordt vaak een eis gesteld aan de maximale hoeveelheid vocht in de constructie aan het eind van de economische levensduur van de constructie (bv na 25 jaar max. 2 kg/m<sup>2</sup>). Deze hoeveelheid mag niet leiden tot schade aan de constructie, bovendien mag de warmteweerstand niet ontoelaatbaar zijn teruggelopen.

Vaak wordt voor de maximaal toelaatbare hoeveelheid condensvocht de in tabel 10 gegeven waarden aangehouden.



Tabel 10: toelaatbare hoeveelheid vocht – toename door inwendige condensatie

Materiaal	maximale hoeveelheid [g/m <sup>2</sup> ]
steenachtig, vorstbestendig, buitenzijde dampremmende laag	50. $\psi_c \cdot d$
steenachtig, niet vorstbestendig	50. $\psi_o \cdot d$
hout, organische materialen	30. $\rho_m \cdot d$
niet vochtbestendig verlijmd plaatmateriaal	50
niet capillaire folie, bij kans op lekkage naar binnen	100
isolatiematerialen	500

met

$\psi_c$  kritisch watergehalte [m<sup>3</sup> / m<sup>3</sup>]

$\psi_o$  maximaal watergehalte [m<sup>3</sup> / m<sup>3</sup>]

$\rho_m$  de soortelijke massa van het materiaal [kg/m<sup>3</sup>]

d dikte van de materiaallaag [m]

## 2.8 Bijzondere gevallen van inwendige condensatie

### Luchttransport

Wanneer luchttransport door de constructie plaatsvindt, kan veel meer vocht door luchtstroming getransporteerd worden dan door diffusie mogelijk is.

Vindt er een luchtstroming van buiten naar binnen plaats, dan zal geen inwendige condensatie optreden. De buitenlucht bevat immers minder vocht dan de binnenlucht.

Treedt de luchtstroming op van binnen naar buiten, dan wordt de kans op inwendige condensatie sterk vergroot.

In zeer veel gevallen treedt inwendige condensatie op door luchtlekkage: vochtige binnenlucht stroomt via de constructie naar buiten, en condenseert in de constructie.

Luchtstroming van binnen naar buiten zal bij hellende daken gedekt met pannen vooral kunnen voorkomen bij:

- dakdoorvoeren door prefab dakelementen (panelen met beplating en dampremmende laag aan de binnenzijde, dampopen folie of beplating aan de buitenzijde), bijvoorbeeld voor rookgasafvoer, ventilatiekanaal, rioolontluchting etc.
- niet-standaard details bij aansluitingen op dakkapellen e.d.
- via spouw van woningscheidende spouwmuur.

Bij platte daken met een kouddak constructie worden de bepalende luchtlekken gevonden in de constructies tussen het binnenklimaat en de spouw. Deze spouw is immers veelal met buitenlucht geventileerd. De luchtdichtheid van de dakconstructie moet verzekerd worden in het vlak van het plafond. Belangrijke lekken zijn:

- aansluitingen van zachtboardplaten op wanden,
- dakdoorvoeren bijvoorbeeld voor rookgasafvoer, ventilatiekanaal, rioolontluchting etc.

- via spouw van woningscheidende spouwmuur
- verbindingen met (vochtige kruipruimte) via bouwkundige schacht (onder in open verbinding met kruipruimte, boven met dakspouw)

In de utiliteitsbouw komt ook wel inwendige condensatie voor door luchtlekkage via de gevelspouw naar een onderliggende ruimte. Deze vorm van inwendige condensatie wordt vooral gevonden bij geklimatiseerde vertrekken met een eigen klimaatinstallatie, als computerruimten. Het betreffende vertrek staat onder een beperkte overdruk ten opzichte van de omringende vertrekken. Hierdoor kan luchtlekkage optreden naar de aangrenzende ruimten.

### Nachtelijke uitstraling

Door nachtelijke uitstraling kan de temperatuur van een (lichte) dakconstructie belangrijk dalen. Bij licht hellende daken, die onder de dakplaat met buitenlucht worden geventileerd (stalen dakplaten, abc of bitumineuze golfplaten) zal dan condensatie tegen de onderzijde van de dakplaten kunnen optreden. Bij een temperatuur van de dakplaten beneden het vriespunt zal het condensvocht kunnen aanvriezen. Bij vergroten van de ventilatie van de dakspouw zal de mate van condens gewoonlijk toenemen.

Bij zonbestraling na een periode van lage temperaturen kan in korte tijd veel condensvocht ontdooien, soms vindt dit vocht z'n weg naar het binnenoppervlak.

### Condensatie in de zomerperiode

Gevels met een (zuid- of) zuidwest oriëntatie kunnen in de zomerperiode, bij hoge buitentemperatuur en onbewolkt weer een hoge temperatuur krijgen.

Het evenwichtsvochtgehalte in de gevelsteen van een metselwerk gevel, bepaald door de klimaatomstandigheden (nacht) voorafgaand aan de warme dag, kan in de orde van 0,7 kg/m<sup>2</sup> liggen, en is bijvoorbeeld het evenwichtsvochtgehalte dat behoort bij een relatieve luchtvochtigheid van 80%.

Bij stijging van de temperatuur blijft in eerste instantie de relatieve luchtvochtigheid gelijk, en stijgt de dampspanning bij toenemende temperatuur. Door het verschil in dampspanning in het metselwerk van het buitenspouwblad enerzijds en buitenlucht en binnenspouwblad anderzijds zal damptransport door diffusie plaatsvinden naar het binnenspouwblad. Er vindt condensatie plaats op het binnenspouwblad.

Bij een temperatuur van (donkere) metselwerk van 40 a 45 °C kan aan het eind van een warme middag in de orde van 300 g vocht per m<sup>2</sup> condenseren. Het vocht kan over een slecht vochtabsorberend binnenspouwblad -beton- gaan afstromen. Bij een onvoldoende afdichting van verdiepingvloer op binnenspouwblad kan dan een vochtplek aan het binnenoppervlak zichtbaar worden. Deze vochtplekken doen zich dan voor aan het eind van een warme zomerse middag.