

Stichting Kennisbank Bouwfysica

TABELLARIUM WARMTE

INHOUD:

[Grootheden en eenheden](#)

[Termen en definities](#)

[Formules](#)

[Tabellen](#)

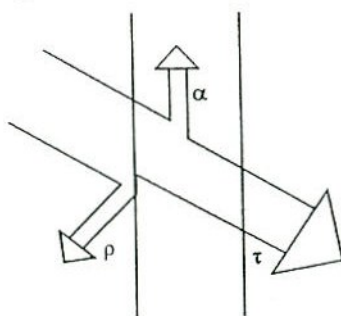
1. WARMTE, GROOTHEDEN EN EENHEDEN

| Symbol | Eenheid | Omschrijving |
|----------------|-----------------------------------|--|
| ϕ | W | Warmtestroom |
| q | W / m^2 | Warmtestroomdichtheid |
| λ | $W / (m \cdot K)$ | Warmtegeleidingscoëfficiënt |
| c | $J / (kg \cdot K)$ | Soortgelijke warmte (droog) |
| α | m^2 / s | Temperatuurvereffeningscoëfficiënt |
| b | $J / (m^2 \cdot K \cdot s^{1/2})$ | Warmtepenetratiegetal/contactcoëfficiënt |
| T | K | Absolute temperatuur |
| θ | $^{\circ}C$ | Temperatuur |
| h | $W / (m^2 \cdot K)$ | Warmteoverdrachtscoëfficiënt |
| R | $m^2 \cdot K / W$ | Warmteweerstand |
| R_c | $m^2 \cdot K / W$ | Warmteweerstand van een constructie |
| U | $W / (m^2 \cdot K)$ | Warmtedoorgangcoëfficiënt |
| I_t | -- | Thermische-isolatie-index |
| PPD | % | Predicted percentage of dissatisfied |
| PMV | - | Predicted mean vote |
| θ_{mrt} | $^{\circ}C$ | Mean radiant temperature |
| α | -- | Absorptiecoëfficiënt |
| τ | -- | Doorlatingscoëfficiënt |
| ρ | -- | Reflectiecoëfficiënt |
| E | W / m^2 | Irradiantie |
| E_{\perp} | W / m^2 | Directe bundelirradiantie |
| M | W / m^2 | Emittantie |
| ε | -- | Emissiefactor |
| h | -- | Zonshoogte |
| α_{sol} | -- | Zonsazimut |

2. WARMTE, TERMEN EN BEGRIPPEN

Absolute temperatuur Temperatuur uitgedrukt in Kelvin (K)
Symbol: T

Absorptiefactor Geabsorbeerde *stralingsenergiestroom* gedeeld door opvallende *stralingsenergiestroom*
Symbol: α



Reflectie, absorptie, doorlating

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

Albeda *Reflectiefactor* van het aardoppervlak voor *zonnestraling*

Behaaglijkheid Zie thermische behaaglijkheid

Behaaglijkheid, thermische De gemoedstoestand die tevredenheid met de thermische omgeving uitdrukt.

Behaaglijkheidsschaal Schaal waarmee het oordeel over de *thermische behaaglijkheid* wordt vastgelegd.

| Waarde-oordeel | Lichaamsreactie |
|-------------------|------------------------|
| -3 Koud | Rillen, klappertanden |
| -2 Koel | Verhoogde spierarbeid |
| -1 Licht koel | Vasocontractie |
| 0 Neutraal | |
| 1 Lichtelijk warm | Vasodilatatie |
| 2 Warm | Transpiratie |
| 3 Heet | Verhoogde transpiratie |

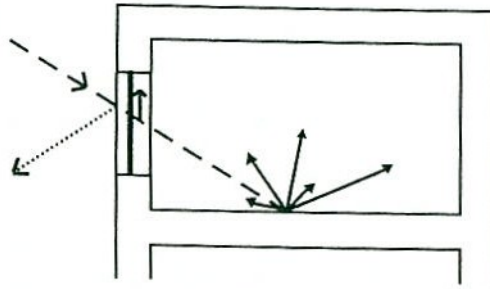
Ashrae-behaaglijkheidsschaal

Beschaduwings-reductiefactor Getal waarmee vermindering van op ramen of collectoren vallende *zonnestraling* door belemmering in rekening wordt gebracht.

Binnenzonwering *Zonwering* aan de binnenzijde van de gevel.

Broeikas-effect

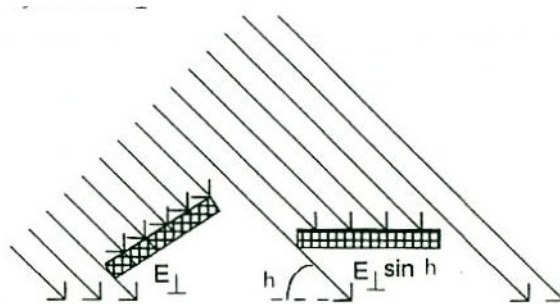
Stijging van *temperatuur* van een binnenruimte als gevolg van inval van (directe) *zonnestraling*.

**Buitenzonwering**

Zonwering aan de buitenzijde van de gevel.

Bundelirradiantie, directe

Irradiantie van een vlak loodrecht op de richting van de zonnestrallen.
Symbool: E_{\perp}



De directe irradiantie van een horizontaal vlak is:

$$E_{dir} = E_{\perp} \sin h$$

Conductie (geleiding)

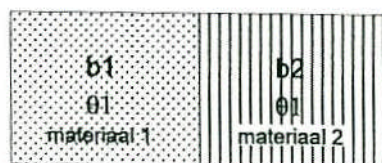
Zie warmtegeleiding

Contactcoëfficiënt

Zie warmtepenetratiegetal

Contacttemperatuur

Temperatuur op het contactvlak van twee lichamen.



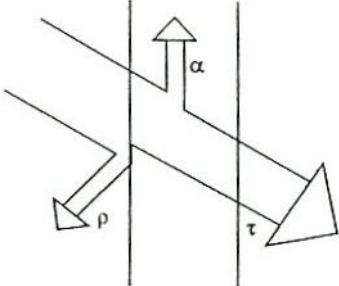
$$\theta_c = \frac{b_1 \cdot \theta_1 + b_2 \cdot \theta_2}{b_1 + b_2}$$

Convectiefactor

Convectieve deel van de totale hoeveelheid afgegeven *warmte*.

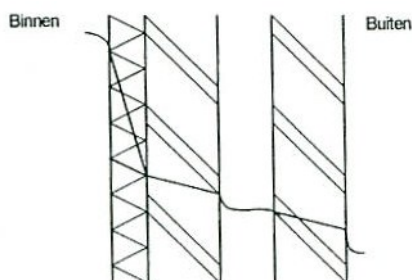
Convector

Verwarmingslichaam dat *warmte* voornamelijk convectief afgeeft, en in een omkasting of put is geplaatst.

| | |
|---|---|
| Doorlatingsfactor | <p>Doorgelaten <i>stralingsenergiestroom</i> gedeeld door opvallende <i>stralingsenergiestroom</i>. Symbool: ρ</p> $\alpha + \rho + \tau = 1$  <p>Reflectie, absorptie, doorlating</p> |
| Dubbel glas | Constructie van twee lagen glas met daartussen een <i>spouw</i> , meestal tot één geheel samengevoegd. |
| Emissie | Zie stralingsemissie. |
| Emissiefactor | <p>Verhouding tussen de <i>emittantie</i> van een oppervlakte en de <i>emittantie</i> van een zwarte straler met dezelfde <i>oppervlakstemperatuur</i> en oppervlak. Symbool: ε</p> $\varepsilon = \frac{M}{\sigma T^4}$ <p> M = emittantie σ = constante Stefan-Boltzmann ($5,67 \cdot 10^{-8} W / m^2 \cdot K^4$) T = temperatuur oppervlak </p> |
| Emittantie, (stralings-) | Per eenheid van oppervlak uitgezonden elektromagnetische <i>straling</i> . Symbool: M |
| Energie Prestatie Norm (EPN) | NEN 5128 (woningen) en NEN 2916 (utiliteitsgebouwen). Meestal wordt bedoeld EPC (<i>energie prestatiecoëfficiënt</i>). |
| Energie Prestatiecoëfficiënt (EPC) | Maat voor de energetische eigenschappen van een gebouw of een gedeelte van een gebouw inclusief gebouwinstallaties bij bepaald gebruikersgedrag. |
| Glas, absorberend | Speciaal soort glas met het doel om <i>zonnestraling</i> te <i>absorberen</i> . |
| Glas, reflecterend | Speciaal soort glas met het doel om <i>zonnestraling</i> te weerkaatsen. |
| Glas, zonwerend | Verzamelnaam voor <i>absorberend</i> en <i>reflecterend</i> glas. |
| HR-glas(hoogrendementsglas) | Meervoudig glas met coating en speciale gasvulling waardoor de <i>warmteweerstand</i> verhoogd wordt. |
| Irradiantie | Per eenheid van oppervlak ontvangen elektromagnetische <i>straling</i> . Symbool: E |

Isolatiemateriaal, (warmte-) Materiaal met een zeer lage *warmtegeleidscoëfficiënt*, bedoeld voor een bouwkundige scheidingsconstructie.

Isoleren Een scheidingsconstructie voorzien van een laag *warmte-isolatiemateriaal*.



Temperatuurverloop in stationaire toestand door een spouwconstructie met isolerende laag aan de binnenzijde.

I_t-waarde Zie thermische isolatie-index.

Jalousie *Zonwering* opgebouwd uit lamellen.

Klimaatgevel Gevel met een dubbelbeglaasd raam en een door een spouw daarvan gescheiden binnenblad met enkele beglazing en zonwering in de spouw via welke binnenlucht wordt afgezogen.

Klimaatraam Raam samengesteld uit een dubbelbeglaasd buitenblad en een door een spouw daarvan gescheiden (extra) glazen binnenblad, met *zonwering* in de *spouw* waardoor binnenlucht wordt afgezogen.

Koelen Verlagen van binnentemperatuur.

Koeler Apparaat om lucht te *koelen*.

Koellast De *warmtehoeveelheid* die per tijdseenheid afgevoerd moet worden om de gewenste *binnentemperatuur* in stand te houden.

Koelplafond Plafond waarin de opgenomen *stralingspanelen* die een lage temperatuur hebben, de *vertrektemperatuur* kunnen verlagen.

Koudebrug Zie thermische brug.

Koudestraling *Warmteverlies* ten gevolge van de aanwezigheid van een koud lichaam, door *straling* vanuit het menselijk lichaam, met een koude-ervaring als gevolg.

k-waarde Verouderde term.
Zie U-waarde.

Nachtverlaging Nachtelijke verlaging van de ingestelde *thermostaatwaarde*.

Ontwerp binnentemperatuur *Binnentemperatuur* waarvan bij een *warmteverlies/warmtebehoefte* berekening wordt uitgegaan.

Ontwerp buitentemperatuur *Buitentemperatuur* waarvan bij een *warmteverlies* berekening wordt uitgegaan.

Operatieve temperatuur

Waarde, samengesteld uit *lucht-* en *gewogen stralingstemperatuur* en maat voor het gecombineerd effect op de *thermische behaaglijkheid*.
Symbool: θ_0 .

$$\theta_0 = A \cdot \theta_l + (1 - A) \cdot \theta_{mrt}$$

θ_l = luchttemperatuur

θ_{mrt} = gemiddelde stralingstemperatuur

| | | | |
|-------|------|-----------|-----------|
| v_i | <0,2 | 0,2 – 0,6 | 0,6 – 1,0 |
| A | 0,5 | 0,6 | 0,7 |

v_i = relatieve lichtsnelheid (m/s)

Oppervlakstemperatuur

Temperatuur van het oppervlak van een lichaam.

Oppervlakstemperatuur, gewogen

Zie gewogen stralingstemperatuur.

Opwarmtoeslag

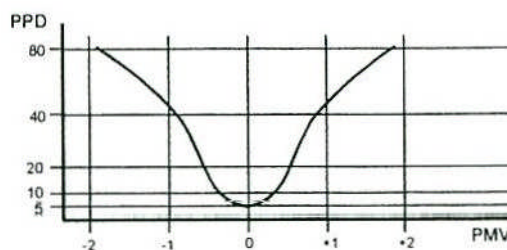
Vermogen waarmee de som van het (*warmte*)*transmissie-* en *ventilatieverlies* moet worden vermeerderd om aan de gewenste opwarmtijd te voldoen.

Plafondverwarming

In plafond geplaatste *stralingsverwarming*.

PMV

Predicted mean vote, gemiddeld oordeel van een grote groep mensen over de *thermische behaaglijkheid* uitgedrukt in de ASHRAE-*behaaglijkheidsschaal*.



PPD als functie van de PMV.

PPD

Predicted percentage of dissatisfied, voorspeld percentage mensen dat niet tevreden is met een bepaalde thermische situatie.

Radiantie

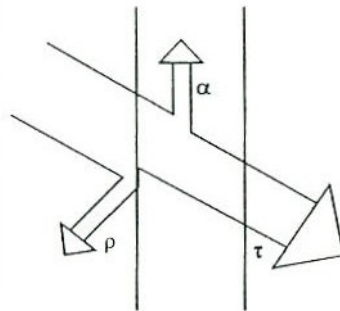
Zie straling.

Radiator

Verwarmingslichaam meestal gevuld met water dat warmte afgeeft door middel van straling en convectie.

Reflectiefactor

Gereflecteerde *stralingsenergiestroom* gedeeld door de opvallende *stralingsenergiestroom*.
 Symbool: τ



Reflectie, absorptie, doorlating

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

Scheidingsconstructie (uitwendige)

Bouwkundige constructie die het binnenklimaat van het buitenklimaat scheidt.

Serre

Glazen aanbouw van een gebouw.

Soortelijke warmte

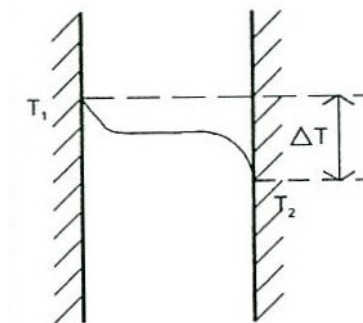
Hoeveelheid *warmte* die nodig is om één kg van een materiaal 1 K(elvin) in temperatuur te doen stijgen.
 Symbool: c

Specifiek Werkzame Massa (SWM)

Som van de *thermisch werkzame massa's* van scheidingsconstructies gedeeld door de totale inwendige oppervlakte.

Spouw

Luchtlaag in een gelaagde bouwconstructie.

**Spouwmuurisolering**

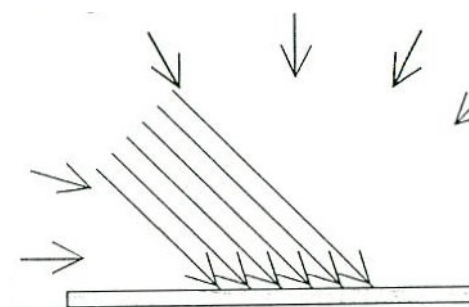
Het aanbrengen van *isolatiemateriaal* in een *spouw*.

Straling (radiantie)

Elektromagnetische golven uitgestraald door een bron.

Straling, diffuse

Straling die van alle kanten komt.



Onderscheid tussen directe en diffuse zonnestraling.

Straling, directe

Straling die vanuit één richting komt.

Straling, globale

Som van *directe* en *diffuse* zonnestraling op een horizontaal vlak.

Stralings(energie)stroom

Het vermogen door elektromagnetische straling dat een bepaald oppervlak passeert.

Stralings(lucht)temperatuur

Fictieve luchttemperatuur die tot dezelfde buitenoppervlaks-temperatuur leidt als de werkelijke luchttemperatuur samen met de bestraling van dat vlak door de zon.

Symbool: θ_{rcv}

$$\theta_{rcv} = \theta_e + \alpha \cdot \frac{E_{sol}}{h_e}$$

θ_e = buitenluchttemperatuur

α = absorptiecoëfficiënt

E_{sol} = opvallende zon-irradiantie

h_e = warmteoverdrachtscoëfficiënt aan buitenoppervlak

Stralingsasymmetrie

Het op één punt in een ruimte waargenomen verschil tussen ontvangen *straling* vanuit verschillende richtingen.

Stralingsemissie

Uitstraling van elektromagnetische golven.

Stralingsemittantie

Zie emittantie.

Stralingsenergie

Energie-inhoud van straling

Stralingsintensiteit

Stralingsenergiestroom per m².

Stralingstemperatuur, gewogen

De uniforme *temperatuur* die de omgeving zou moeten hebben om dezelfde *straling* in een punt te geven als de werkelijke omgeving.

Stralingsverwarming

Verwarmingsinstallatie waarbij de *warmte*-afgifte voornamelijk berust op straling.

Stralingswarmteoverdracht

Warmtetransport door *straling* van en naar een oppervlak.

SWM

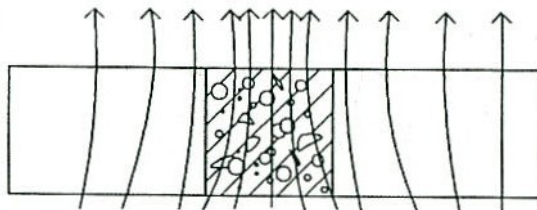
Zie specifiek werkzame massa.

| | |
|---|--|
| Temperatuur | Maat voor de inwendige energie van een materiaal. Symbool: T of θ $T = 273,14 + \theta$ |
| Temperatuurgradiënt | Temperatuurverandering per eenheid van afstand. |
| Temperatuurstraling | Door een object uitgezonden elektromagnetische <i>straling</i> met een continu spectrum. |
| Temperatuurvereffening | Versijnsel dat temperatuur in een materiaal of ruimte op elk punt gelijk wordt. |
| Temperatuurvereffeningscoëfficiënt | Maat voor de snelheid waarmee in een materiaal temperatuurvereffening optreedt. |

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho \cdot c}$$

| | |
|---------------------------------|---|
| Thermisch werkzame massa | Dat deel van de massa van het gebouw dat de vertreklufttemperatuur of bij mechanische koeling de koellast - en dan met name de maximale dagwaarde - beïnvloedt. |
|---------------------------------|---|

| | |
|------------------------|--|
| Thermische brug | Onderbreking van de isolatielaag in een <i>scheidingsconstructie</i> door een materiaal met een grotere <i>warmtegeleidingscoëfficiënt</i> . |
|------------------------|--|



Thermische brug trekt warmtestroom naar zich toe

| | |
|--|---|
| Thermische Isolatie-index (= I_t-waarde) | Maat voor thermische isolatie van het totaal van de scheidingsconstructies van een (verwarmd) gebouw. Symbool: I_t |
|--|---|

$$I_t = 22,5 - 50 \cdot \frac{\bar{U}}{\frac{V}{A} + 2}$$

| | |
|-----------|--|
| \bar{U} | = getalswaarde van gemiddelde warmtedoorgangcoëfficiënt |
| V | = getalswaarde van bruto inhoud van het gebouw |
| A | = getalswaarde van de som van gebouwomhullende scheidingsconstructies. |

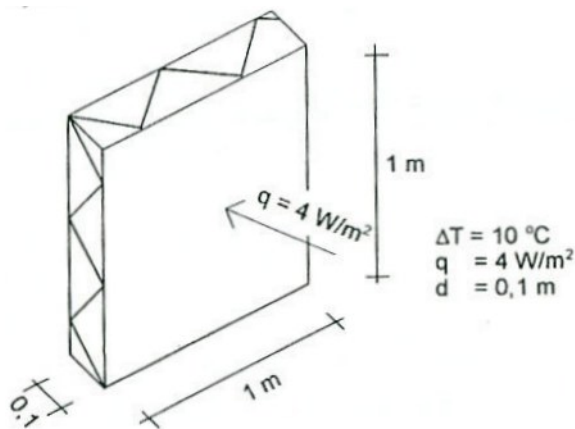
| | |
|--------------------------------|---|
| Thermische onderbreking | Gewenste verlaging van de warmtetransmissie in een constructie door plaatselijke toepassing van een materiaal met een lage warmtegeleidingscoëfficiënt. |
|--------------------------------|---|

| | |
|--------------------|--|
| Thermometer | Instrument waarmee de <i>temperatuur</i> kan worden gemeten. |
|--------------------|--|

| | |
|---|---|
| Thermostaat | Regelinstrument voor het constant houden van een bepaalde <i>temperatuur</i> . |
| (Warmte)transmissie | <i>Warmtetransport</i> door een <i>scheidingsconstructie</i> . |
| Transmissieverlies | <i>Warmteverlies</i> ten gevolge van (<i>warmte</i>) <i>transmissie</i> . |
| Uitwendige scheidingsconstructie | Plaatvormige constructie die het binnenklimaat van het buitenklimaat scheidt. |
| U-waarde = warmtedoorgangscoefficiënt | Maat voor het gemak waarmee <i>warmte</i> door een <i>scheidingsconstructie</i> gaat. |
| Ventilatie(warmte)verlies | <i>Warmteverlies</i> ten gevolge van <i>ventilatie</i> . |
| Verticale temperatuurgradiënt | <i>Temperatuurverandering</i> per eenheid van afstand in verticale richting binnen een ruimte. |
| Verwarmingsinstallatie | Installatie voor ruimteverwarming van een gebouw. |
| Vloerverwarming | Ruimteverwarming waarbij de <i>warmte</i> wordt afgegeven door de vloer. |
| Voelbare warmte | <i>Warmte</i> die met een <i>thermometer</i> gemeten kan worden. |
| Warmte | Inwendige energie van een materiaal. |
| Warmtebalans | Vergelijking waarbij uitgaande en ingaande <i>warmtestromen</i> en <i>warmtestroom</i> door opslag gelijk zijn aan nul. |
| Warmtebehoefte | Hoeveelheid <i>warmte</i> die nodig is voor het gewenste gebruik van een gebouw in een gebruiksperiode (in het bijzonder ruimteverwarming). |
| Warmtecapaciteit (van een installatie) | Hoeveelheid <i>warmte</i> die een apparaat kan produceren per tijdseenheid. |
| Warmtecapaciteit, volumieke | Soortelijke <i>warmte</i> vermenigvuldigd de volumieke massa. |
| Warmtedoorgangscoefficiënt (U-waarde) | Maat voor het gemak waarmee <i>warmte</i> via een <i>scheidingsconstructie</i> gaat. Symbool: U |
| | $U = \frac{1}{R_l}$ |
| | R_l = <i>warmteweerstand lucht op lucht</i> . |
| Warmtegeleiding | <i>Warmtetransport</i> in een stof, waarin de moleculen aan hun plaats zijn gebonden. |

Warmtegeleidingscoëfficiënt De *warmtestroomdichtheid* in een materiaal, gedeeld door de *temperatuurgradiënt* waarvan de *warmtestroomdichtheid* het gevolg is.

Symbol: λ



Warmtegeleidingscoëfficiënt λ

$$\lambda = \frac{q \cdot d}{\Delta T}$$

- q = warmtestroomdichtheid
- d = materiaaldikte
- ΔT = temperatuurverschil over de materiaaldikte

In dit voorbeeld:

$$\lambda = \frac{4 \cdot 0,1}{10} = 0,04 \text{ W / m} \cdot \text{K}$$

Warmteisolatiemateriaal

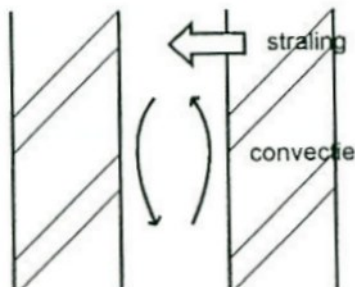
In een bouwkundige *scheidingsconstructie* toegepast materiaal met kleine warmtegeleidingscoëfficiënt om *warmtetransmissie* te verminderen.

Warmteopslag

Opslag van warmte al dan niet met als doel die later te gebruiken.

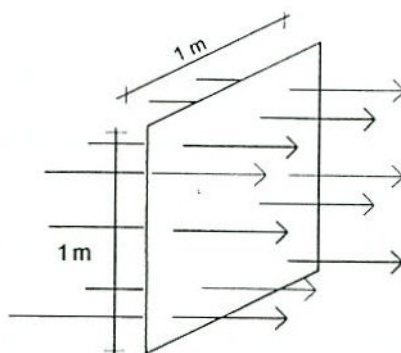
Warmteoverdracht

Warmtetransport van en naar een vlak dat aan een gas of vloeistof grenst.



Warmteoverdracht in spouwconstructies

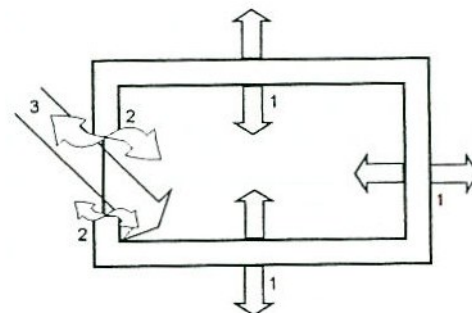
| | |
|--------------------------------------|---|
| Warmteoverdracht, convectieve | <i>Warmteoverdracht</i> door convectie. Symbool: h_{cv} |
| Warmteoverdracht, stralings- | Zie stralingswarmteoverdracht. Symbool: h_r |
| Warmteoverdrachts-coëfficiënt | Getalswaarde die de <i>warmteoverdracht</i> door convectie en/of <i>straling</i> aangeeft. Symbool: h |
| Warmteoverdrachts-weerstand | Reciproke waarde van de <i>warmteoverdrachtscoëfficiënt</i> . Symbool: R_o |
| Warmtepenetratiegetal | Maat voor de reactiewaarde waarin de temperatuur van oppervlak reageert op een warmte-impuls. Symbool: b |
| | $b = \sqrt{(\lambda \cdot \rho \cdot c)}$ <p> λ = warmtegeleidingscoëfficiënt ρ = soortelijke massa c = soortelijke warmte </p> |
| Warmtestraling | Zie temperatuurstraling. |
| Warmtestroom | De hoeveelheid <i>warmte</i> die per tijd naar een systeem wordt afgevoerd of uit een systeem wordt afgevoerd. Symbool: φ |
| Warmtestroom, eendimensionale | <i>Warmtestroom</i> met richting die slechts afhankelijk is van één ordinaat van een denkbeeldig assenstelsel. |
| Warmtestroomdichtheid | <i>Warmtestroom</i> per eenheid van oppervlak. Symbool: q |



Warmtestroomdichtheid [W/m²]
 Aantal Joules dat per seconde een vlak van 1 m² passeert.

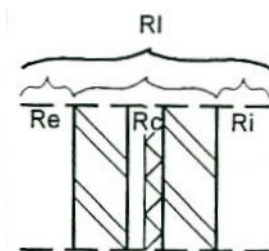
Warmtetransport

Verplaatsing van inwendige energie



Warmtetransport als gevolg van:

1. Transmissie
2. Ventilatie
3. Zoninstraling

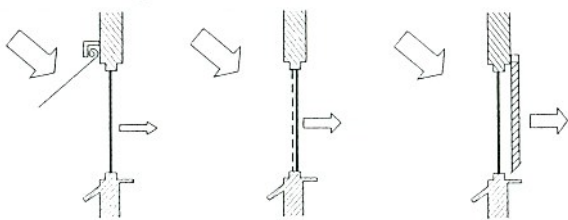
Warmtetransport, stationair*Warmtetransport* dat in de tijd niet aan verandering onderhevig is.**Warmteverlies**Hoeveelheid *warmte* die op ongewenste wijze uit een systeem verdwijnt.**Warmteweerstand (van een Scheidingsconstructie) (=R_c-waarde)**Mate waarin een constructie weerstand biedt tegen *warmtetransport*, uitgedrukt in R_c-waarde.**Warmteweerstand lucht op lucht***Warmteweerstand* van een *scheidingsconstructie* inclusief de warmteoverdrachtsweerstand.Symbool: R_l

$$R_l = R_e + R_c + R_i$$

R_e = warmteoverdrachtsweerstand aan buitenzijdeR_c = warmteweerstand constructieR_i = warmteoverdrachtsweerstand aan binnenzijde**Zonnecollector**Constructie, bedoeld voor het omzetten van zonne-energie in toepasbare *warmte*.**Zonnepaneel**

Constructie, bedoeld voor het omzetten van zonne-energie in elektriciteit.

ZonneschermAan een gebouw aangebrachte constructie met een doek om invallende *zonnestraling* te weren.

| | |
|--|--|
| Zonsazimut | <p>Hoek die de projectie van de richting naar de zon op een horizontaal vlak maakt met de zuid- (of noord) richting. De hoek in westelijke richting is positief, die in oostelijke richting negatief.</p> <p>Symbol: α_{sol}</p> |
| Zonshoogte | <p>Hoek tussen de richting van de directe zonnestralen en een horizontaal vlak.</p> <p>Symbol: h</p> |
| Zontoetredingsfactor (ZTA-factor) | <p>De door <i>zonnestraling</i> van een <i>scheidingsconstructie</i> binnenkomende gedeeld door de op de constructie vallende stralingsenergie.</p> |
| Zonwering | <p>Elke constructie, bedoeld om invallende <i>zonnestraling</i> te weren.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Drie manieren om het binnendringen van zonnestraling te weren:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Voorkomen dat de zon het glas treft, door de straling buiten het glas op te vangen met uitvalschermen, buitenjaloezieën of uitkragende geveldelen. 2. Zonnestraling reflecteren of absorberen met behulp van reflecterende of absorberende film op de binnenzijde van de buitenruit. 3. Binnenzonwering in de vorm van jaloezieën, lamellen, gordijnen. Deze laatste toepassing heeft het minst effect. |
| ZTA-factor (zontoetredingsfactor) | <p>De door <i>zonnestraling</i> van een scheidingsconstructie binnenkomende energie gedeeld door de op de constructie vallende <i>stralingsenergie</i>.</p> |
| ZTA-waarde | <p>Zie ZTA-factor.</p> |
| Zwarte straler | <p>Lichaam met een theoretisch maximale <i>emittantie</i>.</p> |

3. WARMTE, FORMULES

vermogen :
$$P_{(t)} = \frac{\partial Q_{(t)}}{\partial t}$$

gemiddeld vermogen :
$$\bar{P} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

warmtestroom :
$$P = \Phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{l}{R} \cdot \Delta T = \frac{l}{R} \cdot A \cdot \Delta T = U \cdot A \cdot \Delta T$$

warmtestroom (uniforme doorsnede) :
$$\bar{P} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

warmtestroom (algemeen) :
$$P_{(x,t)} = \left(\frac{\partial Q}{\partial t} \right)_{(x,t)} = \lambda \cdot A \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{(x,t)}$$

warmtestroomdichtheid :
$$q = \frac{\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t} \right)}{A} = U \cdot \Delta T = \frac{l}{R} \cdot \Delta T = \frac{T_2 - T_1}{(d/\lambda)}$$

$$q = \frac{(T_2 - T_1)}{R_{c1}} = \frac{(T_3 - T_2)}{R_{c2}} = \frac{(T_n - T_{n-1})}{R_{c n-1}}$$

$$q = \frac{\sum_i \Delta T_{ci}}{\sum_i R_{ci}} = \frac{(\Delta T)_{tot}}{R_{c tot}}$$

warmtedoorgangscoefficiënt (definitie) :
$$\bar{U} = \frac{l}{R_{\text{lucht op lucht}}} = \frac{1}{R_i + R_{\text{constr}} + R_e}$$

gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt:
$$\bar{U} = \frac{A_1}{A_{tot}} \cdot U_1 + \frac{A_2}{A_{tot}} \cdot U_2 + \frac{A_3}{A_{tot}} \cdot U_3 + \dots$$

totale warmteweerstand, ook wel "warmteweerstand lucht op lucht":

$$R_{tot} = R_i + R_c + R_e$$

specifieke warmteweerstand van een éénlaags constructie :

$$R_c = \frac{d}{\lambda}$$

warmtegeleidingscoëfficiënt in vochtige toestand (experimentele benadering) :

$$\lambda_{\text{vochtig}} = \lambda_{\text{droog}} \cdot \left(1 + \frac{\sqrt{v}}{3} \right)$$

(v = vochtgehalte in volumepercenten)

specifieke warmteweerstand van een constructie (afgeleid) :

$$R_c = R_1 + R_2 + R_3 + \dots = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \dots$$

definitie warmteoverdrachtscoëfficiënt binnenzijde : $\alpha_i = \frac{1}{R_i}$ binnenzijde

definitie warmteoverdrachtscoëfficiënt buitenzijde : $\alpha_e = \frac{1}{R_e}$ buitenzijde

warmteoverdrachtscoëfficiënt theoretisch : $\alpha_{\text{totaal}} = \alpha_{\text{geleiding}} + \alpha_{\text{stroming}} + \alpha_{\text{straling}}$

formule van Hütte : (windsnelheid $c < 5 \text{ m.s}^{-1}$) $\alpha_{\text{stroming}} = 5,5 + 4,0 \cdot c$
 (windsnelheid $c > 5 \text{ m.s}^{-1}$) $\alpha_{\text{stroming}} = 7,0 \cdot c^{0,8}$

warmtestroom door cilinder : $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = A \cdot \frac{2 \pi l \cdot \Delta T}{\ln\left(\frac{R_{\text{buiten}}}{R_{\text{binnen}}}\right)}$

volumestroom ventilatie : $\Phi_V = \frac{\Delta V}{\Delta t} = n \cdot V = A_{\text{vent}} \cdot v_{\text{uit}}$

soortelijke warmte (definitie) : $c = \frac{1}{m} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ geeft $\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

volumieke soortelijke warmte : $\rho \cdot c = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ geeft $\Delta Q = V \cdot \rho c \cdot \Delta T$

warmteaccumulatie : $\frac{\Delta Q}{A} = \rho \cdot c \cdot d \cdot \Delta T$

lineaire uitzetting : $\frac{\Delta l}{l_0} = \alpha \cdot \Delta t$ geeft $l_{(t)} = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$

rek : $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot E = \varepsilon \cdot E$

thermische materiaalspanning : $\frac{F}{A} = \sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta t$

oppervlaktetemperatuurfactor : $f_{io} = \frac{T_{io} - T_e}{T_i - T_e}$

rendement (nuttig effect) : $\eta = \frac{P_{\text{uit}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\%$

intensiteit (algemene definitie) : $I = \frac{P}{A}$

wet van Wien : $\lambda_{\text{top}} \cdot T = k_W = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ [m.K]}$

stralingswet van Stefan-Boltzmann : $I = \frac{P}{A} = \sigma_{\text{voorw.}} \cdot T^4 = \varepsilon \cdot \sigma_{\text{zwart}} \cdot T^4$

$$I = C_{\text{voorw.}} \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4 = \varepsilon \cdot C_{\text{zwart}} \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4$$

warmtetransport door straling tussen twee evenwijdige vlakken :

$$\frac{P}{A} = \varepsilon_{\text{res}} \cdot \sigma_{\text{zwart}} \cdot (T_1^4 - T_2^4) = \sigma_{\text{res}} \cdot (T_1^4 - T_2^4) = C_{\text{res}} \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

afkortingen : $\sigma = \varepsilon \cdot \sigma_{\text{zwart}} \quad C = \varepsilon \cdot C_{\text{zwart}} = \varepsilon \cdot \sigma_{\text{zwart}} \cdot 10^8$

waarin :

$$\frac{1}{\varepsilon_{\text{res}}} = \frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1$$

$$\frac{1}{\sigma_{\text{res}}} = \frac{1}{\sigma_1} + \frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\sigma_{\text{zwart}}}$$

$$\frac{1}{C_{\text{res}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_{\text{zwart}}}$$

netto warmtetransport bij straling :

$$q_{\text{straling}} = \frac{\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t} \right)_{\text{str}}}{A} = \alpha_{\text{str}} \cdot (T_1 - T_2) = C_{\text{str}} \cdot f_{(T_1, T_2)} \cdot (T_1 - T_2) = C_{\text{str}} \cdot (T_1^4 - T_2^4)$$

$$\alpha_{\text{str}} = C_{\text{str}} \cdot f_{(T_1, T_2)}$$

$$f_{(T_1, T_2)} = \frac{T_2^4 - T_1^4}{T_2 - T_1} \cdot 10^8 \text{ K}^3$$

zontoetredingsfactor :

$$ZTA = \frac{I_{\text{totaal doorgelaten straling}}}{I_{\text{totaal opvallende straling}}}$$

equivalent temperatuurverschil bij zonbestraling :

$$\Delta T_{\text{eq}}^* = \Delta T_{\text{eq}} + (T_{\text{am}} - 24,5) + (26 - T_i) + a_T$$

a = buiten ; m = gemiddeld

bijbehorende warmtestroomdichtheid $q_{i(\tau)} = U \cdot \Delta T_{\text{eq}}^*$

afkoelingswet van Newton : $(T_{(t)} - T_{\text{omg}}) = (T_{\text{begin}} - T_{\text{omg}}) \cdot e^{-\frac{A}{m \cdot c \cdot r} \cdot t}$

differentiaalvergelijking van Fourier : $\left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)_{(x,t)} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right)_{(x,t)}$

met : $a = \frac{\lambda}{\rho c}$

Oplossing Fourier-vergelijking voor half-oneindig medium
randvoorwaarde aan het oppervlak : sinusfunctie

$$T_{(x,t)} = \bar{T} + T_{\text{ampl.opp.}} \cdot e^{-A \cdot x} \cdot \cos \left(\omega \left(t - \frac{x}{v} \right) \right)$$

waarin :

$$A = \sqrt{\frac{\pi}{a T_{\text{per}}}} = \sqrt{\frac{\omega}{2a}}$$

demping :

$$\varepsilon = \frac{\Delta T_{(x)}}{\Delta T_{\text{opp}}} = e^{-A \cdot x} = e^{-x \cdot \sqrt{\frac{\omega}{2a}}}$$

cirkelfrequentie :

$$\omega = 2 \pi f = \frac{2 \pi}{T_{\text{per}}}$$

indringsnelheid :

$$v = \sqrt{\frac{4 \pi a}{T_{\text{per}}}} = \sqrt{2 a \omega}$$

vertragingstijd :

$$t = \frac{x}{v} = \frac{x}{\sqrt{2 a \omega}}$$

opwarmtijd wand (indicatie) :

$$t = 0,5 \cdot \frac{d^2}{a}$$

contactcoëfficiënt :

$$b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c}$$

contacttemperatuur :

$$T_C = \frac{b_A T_A + b_B T_B}{b_A + b_B}$$

4. WARMTE, TABELLEN

Trefwoorden-index:

[arbeid](#),
[comfort](#),
[CLO-waarden](#),
[contactcoëfficiënt](#),
[correctiefactor voor de stralingsconstante](#),
[dichtheid van vaste stoffen](#),
[equivalent temperatuurverschil bij zoninstraling](#),
[graaduren](#),
[kubieke uitzettingscoëfficiënt](#),
[lineaire uitzettingscoëfficiënt](#),
[MET-waarden](#),
[metabolisme](#),
[molaire massa](#),
[soortelijke warmte](#),
[specifieke gasconstante](#),
[stralingsconstanten](#),
[temperatuurvereffeningscoëfficiënt](#),
[warmtedoorgangcoëfficiënt van ramen en deuren](#),
[warmtedoorgangcoëfficiënt van ramen en deuren volgens NEN 5128](#),
[warmtegeleidingscoëfficiënt van gassen](#),
[warmtegeleidingscoëfficiënt van vloeistoffen](#),
[warmtegeleidingscoëfficiënt van vaste stoffen](#),
[warmteoverdrachtscoëfficiënt](#),
[warmteweerstand van kleding](#),
[windsnelheid](#),
[zontoetredingsfactor](#),
[zonwerend glas](#),
[ZTA](#)

lineaire uitzettingscoëfficiënt α van enige bouwmaterialen in K^{-1} , tussen 0 en 100 °C

| <i>Materiaal</i> | $10^{-6} K^{-1}$ | <i>materiaal</i> | $10^{-6} K^{-1}$ |
|-------------------------------|------------------|----------------------|------------------|
| Jenaglas | 3,5 – 8,1 | hoogovenslakkenbeton | 5,8 - 6,6 |
| kwartsglas | 0,5 | pleisterwerk | 4,6 - 9,0 |
| tegels | 5,0 | lood, zink | 29,0 |
| metselwerk uit baksteen | 3,6 – 5,8 | aluminium | 23,8 - 29,2 |
| kalkzandsteen | 7,8 | koper | 16,5 - 18,4 |
| klinkers | 2,8 – 4,8 | ijzer, staal | 10,4 - 12,0 |
| gewapend beton, hoogwaardig | 15,0 | hout, langsrichting | 50,0 |
| gewapend beton, normaal | 13,0 | hout, dwarsrichting | 50,0 |
| beton, zuiver portland cement | 14,2 | marmer | 5,0 - 7,0 |
| lichtbeton | 10,8 | asfaltbedekking | 30,0 - 37,0 |
| stampbeton | 10,0 | bitumen | 20,0 |
| schokbeton | 7,7 – 9,4 | | |

kubieke uitzettingscoëfficiënt γ van enige vloeistoffen in K^{-1} , tussen 0 en 100 °C

| <i>materiaal</i> | $10^{-6} K^{-1}$ | <i>materiaal</i> | $10^{-6} K^{-1}$ |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| kwik | 181 | water | 180 |

molaire massa en specifieke gasconstante

| <i>materiaal</i> | <i>samenstelling</i> | M_{molair} | R_s |
|------------------|---|----------------------|--------------------|
| | | $kg.mol^{-1}$ | $J.kg^{-1}.K^{-1}$ |
| lucht | 80 % N ₂ + 20 % O ₂ | $28,8 \cdot 10^{-3}$ | 290 |
| stikstof | N ₂ (14+14) | $28 \cdot 10^{-3}$ | 296 |
| zuurstof | O ₂ (16+16) | $32 \cdot 10^{-3}$ | 260 |
| waterdamp | H ₂ O (1+1+16) | $18 \cdot 10^{-3}$ | 462 |

warmtegeleidingscoëfficiënt λ van diverse gassen en vloeistoffen in $W.m^{-1}.K^{-1}$

| <i>stof</i> | λ | <i>stof</i> | λ |
|-------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| | $W.m^{-1}.K^{-1}$ | | $W.m^{-1}.K^{-1}$ |
| aceton | 0,16 | aardgas | 0,029 |
| alcohol | 0,17 | koolstofdioxide | 0,014 |
| chloroform | 0,12 | lucht | 0,024 |
| kwik | 10,4 | stikstof | 0,024 |
| olie | 0,15 - 0,17 | waterdamp | 0,016 |
| petroleum | 0,15 | waterstof | 0,174 |
| tetra | 0,1 | xenon | 0,0052 |
| water | 0,6 | zuurstof | 0,025 |

N.B. Bij gassen en vloeistoffen is geen rekening gehouden met eventueel stromingstransport!

dichtheid ρ , warmtegeleidingscoëfficiënt λ en soortelijke warmte c

Bij de warmtegeleidingscoëfficiënt λ wordt onderscheid gemaakt tussen het min of meer zuivere materiaal (vochtgehalte bepaald door het binnenklimaat, zoals bij vloeren en binnenwanden, kolom ') en vochtig materiaal (kolom ").

Voor standaardwaarden van λ en ρ : zie normblad NEN 1068.

[volgende ►](#)

| <i>materiaal</i> | ρ <i>kg.m⁻³</i> | λ ' <i>W.m⁻¹.K⁻¹</i> | λ '' <i>W.m⁻¹.K⁻¹</i> | c <i>J.kg⁻¹.K⁻¹</i> | μ - |
|---------------------------------|------------------------------------|---|--|--|------------|
| metalen | | | | | |
| lood | | 35,3 | 35,3 | | ∞• |
| koper | 12250 | 372-390 | 372-390 | 130 | ∞• |
| ijzer | 9000 | 80,4 | 80,4 | 390 | ∞• |
| staal | 7800 | 50-52 | 50-52 | 530 | ∞• |
| zink | 7800 | 110 | 110 | 530 | ∞• |
| aluminium | 7200 | 204-237 | 204-237 | 390 | ∞• |
| bismut | 2800 | 9 | 9 | 880 | ∞• |
| goud | | 318 | 318 | | ∞ |
| kwik | | 9,3 | 9,3 | | ∞ |
| zilver | 13550 | 429 | 429 | 140 | ∞ |
| natuursteen | | | | | |
| basalt, graniet | 3000 | 3,50 | 3,50 | 840 | ∞• |
| kalksteen, hardsteen, marmer | 2700 | 2,50 | 3,00 | 840 | ∞• |
| zandsteen | 2600 | 1,60 | 1,80 | 840 | ∞ |
| baksteen metselwerk | | | | | |
| gevelklinkers, hardgrauw | 1900 | 0,70 | 1,20 | 840 | 13 |
| rood | 1600 | 0,60 | 0,90 | 840 | 9 |
| betonsteen (licht) | 1600 | 0,74 | | 840 | 8 |
| betonsteen (licht) | 1400 | 0,60 | | 840 | 7 |
| betonsteen (licht) | 1200 | 0,50 | | 840 | 6 |
| betonsteen (licht) = drijfsteen | 1000 | 0,45 | | 840 | 6 |
| betonsteen (licht) | 800 | 0,40 | | 840 | 5 |
| kalkzandsteen metselwerk | | | | | |
| kalkzandsteen | 1900 | 0,90 | 1,40 | 840 | 12 |
| kalkzandsteen (hol) | 1400 | 0,67 | | 840 | 7 |
| kalkzandsteen (hol) | 1000 | 0,52 | | 840 | 6 |
| kalkzandsteen (hol) | 1000 | 0,47 | | 840 | 6 |

[◀ vorige](#)[volgende ▶](#)

| <i>materiaal</i> | ρ <i>kg.m⁻³</i> | λ ' <i>W.m⁻¹.K⁻¹</i> | λ '' <i>W.m⁻¹.K⁻¹</i> | <i>c</i> <i>J.kg⁻¹.K⁻¹</i> | μ - |
|-----------------------------------|------------------------------------|---|--|---|------------|
| beton | | | | | |
| lichtbeton | 1900 | 0,90 | 1,40 | 840 | 14 |
| lichtbeton | 1600 | 0,70 | 1,20 | 840 | 8 |
| lichtbeton | 1300 | 0,50 | 0,80 | 840 | 7 |
| lichtbeton | 1000 | 0,35 | 0,50 | 840 | 6 |
| lichtbeton | 700 | 0,23 | | 840 | 5 |
| lichtbeton | 500 | 0,17 | | 840 | 4 |
| lichtbeton | 300 | 0,12 | | 840 | 4 |
| lichtbeton | 200 | 0,08 | | 840 | 3 |
| lichtbeton | 100 | 0,06 | | 840 | 2 |
| bimsbeton | 700-1000 | 0,23-0,35 | 0,52-0,94 | 840 | 5 - 6 |
| bimsbeton | 1000-1400 | 0,35-0,50 | 0,52-0,94 | 840 | 6 - 11 |
| beton met lichte toeslagstof | 550-1000 | 0,18-0,35 | 0,52-1,30 | 840 | 4 - 6 |
| beton met lichte toeslagstof | 1000-1800 | 0,35-0,84 | 0,52-1,30 | 840 | 6 - 12 |
| isolatiebeton | 300-700 | 0,12-0,23 | | 840 | 4 - 6 |
| cellenbeton | 1300 | 0,52 | 1,20 | 840 | 8 |
| cellenbeton | 1000 | 0,35 | 0,70 | 840 | 6 |
| cellenbeton | 700 | 0,23 | 0,46 | 840 | 5 |
| cellenbeton | 400 | 0,17 | | 840 | 4 |
| cellenbeton op cementbasis | 400 - 750 | 0,17-0,26 | | 840 | 4 - 6 |
| cellenbeton op kalkbasis | 400 - 750 | 0,17-0,26 | | 840 | 4 - 6 |
| hoogovenslakkenbeton | 1900 | 0,70 | 1,00 | 840 | 13 |
| hoogovenslakkenbeton | 1600 | 0,47 | 0,70 | 840 | 10 |
| hoogovenslakkenbeton | 1300 | 0,29 | 0,47 | 840 | 8 |
| hoogovenslakkenbeton | 1000 | 0,23 | 0,35 | 840 | 6 |
| grindbeton verdicht gewapend | 2500 | 2,0 | 2,0 | 840 | 33 |
| grindbeton verdicht ongewapend | 2400 | 1,7 | | 840 | 29 |
| grindbeton niet_verdicht gewapend | 2300 | 1,4 | | 840 | 25 |

[◀ vorige](#)[volgende ▶](#)

| <i>materiaal</i> | ρ <i>kg.m⁻³</i> | λ ' <i>W.m⁻¹.K⁻¹</i> | λ '' <i>W.m⁻¹.K⁻¹</i> | <i>c</i> <i>J.kg⁻¹.K⁻¹</i> | μ - |
|--|------------------------------------|---|--|---|------------|
| andere anorganische materialen | | | | | |
| asbestcement | 1600-1900 | 0,35-0,70 | 0,93 - 1,2 | 840 | 40 - 60 |
| gipsplaten | 800-1400 | 0,23-0,46 | (-) - 0,64 | 840 | 6 |
| gipsplaten | 600 | 0,29 | | 840 | 5 |
| gipskartonplaten | 880 – 900 | 0,17-0,20 | | 840 | 13 |
| gips (m. in holle ruimten vulstoffen) | 900 | 0,40 | | 840 | |
| glas | 2500 | 0,80 | 0,80 | 840 | ∞ |
| schuimglas | 125 – 150 | 0,05-0,06 | | 840 | ∞ |
| minerale wol | 35 – 200 | 0,04 * | | 840 | 1 - 2 |
| richtwaarden voor niet genoemde anorganische materialen, afhankelijk van dichtheid : | 1900 | 0,9 | 1,4 | 840 | 14 |
| | 1600 | 0,7 | 1,2 | 840 | 8 |
| | 1300 | 0,5 | 0,8 | 840 | 7 |
| | 1000 | 0,35 | 0,5 | 840 | 6 |
| | 700 | 0,23 | | 840 | 5 |
| | 500 | 0,17 | | 840 | 4 |
| | 300 | 0,12 | | 840 | 4 |
| | 100-200 | 0,06-0,08 | | 840 | 2-3 |
| toeslag_ en stortmaterialen | | | | | |
| minerale toeslag van beton | 50 – 800 | 0,04 - 0,23 | | 840 | |
| minerale wol met cement gebonden | 300 – 400 | 0,12 - 0,14 | | 840 | |
| perliet | 250 | 0,06 | | 840 | |
| split | 1850 | 0,78 | | 840 | |
| bims | 700 | 0,18 | | 840 | |
| zandsteen | 2300 | 1,8 | | 840 | 10 |
| muschelkalk | 2700 | 2,4 | | 840 | |
| tegels | | | | | |
| hardgebakken tegels | 2000 | 1,2 | 1,2 | 840 | 28 |
| pleisterlagen | | | | | |
| cementpleister | 1900 | 0,93 | 1,50 | 840 | 17 |
| kalkpleister | 1600 | 0,70 | 0,81 | 840 | 11 |
| gipspleister | 1300 | 0,52 | 0,81 | 840 | 6 |
| cementmortel | 2200 | 1,32 | | 840 | |
| cementmortel | 2000 | 1,32 | | 840 | |

[◀ vorige](#)[volgende ▶](#)

| <i>materiaal</i> | ρ <i>kg.m⁻³</i> | λ ' <i>W.m⁻¹.K⁻¹</i> | λ '' <i>W.m⁻¹.K⁻¹</i> | <i>c</i> <i>J.kg⁻¹.K⁻¹</i> | μ <i>-</i> |
|---|------------------------------------|---|--|---|------------------------|
| organische materialen | | | | | |
| al dan niet gebonden (m.u.v. houtprodukten en kunststoffen) | | | | | |
| geëxpandeerde kurk | 104 – 120 | 0,040 | | 1760 | 5 - 30 |
| geexpand. geïmpregneerde kurk | 104 – 120 | 0,040 | | 1760 | 10 - 45 |
| linoleum | 1200 | 0,17 | | 1470 | 1,8 .10 ³ |
| rubber | 1200-1500 | 0,17 - 0,29 | | 1470 | 9 .10 ³ |
| geëxpandeerd eboniet | 100 | 0,035 | | 1470 | (5-9) .10 ³ |
| rietvezelplaat | 250 – 350 | 0,08 - 0,09 | | 2100 | 3 |
| strovezelplaat | 200 – 400 | 0,08 - 0,12 | | 2100 | 3 |
| vlasschevenplaat | 300 – 700 | 0,09 - 0,17 | | 1880 | 8 - 46 |
| vlasschevenplaat | 350 – 500 | 0,09 - 0,12 | | 1470 | 4 - 8 |
| richtwaarden voor andere niet genoemde organische materialen al dan niet met bindmiddel ; m.u.v. hout en kunststoffen | 1600 | 0,5 | | 1840 | |
| | 1300 | 0,4 | | 1840 | |
| | 1000 | 0,3 | | 1840 | |
| | 700 | 0,17 | | 1880 | |
| | 500 | 0,12 | | 1880 | |
| | 300 | 0,08 | | 1880 | |
| | 200 | 0,07 | | 2100 | |
| | 100 | 0,06 | | 2100 | |
| houtprodukten | | | | | |
| hout (divers) | 800 | 0,14 - 0,23 | | 1880 | |
| hardhout (\perp vezels) | 550 | 0,17 | 0,23 | 1880 | 100 -200 |
| naaldhout (\perp vezels) | 700 | 0,14 | 0,17 | 1880 | 100 - 200 |
| triplex, multiplex | 1000 | 0,17 | 0,23 | 1680 | 10 - 20 |
| hardboard | 250 – 300 | 0,29 | | 2100 | |
| zachtboard | 450 | 0,08 | | 1880 | |
| spaanplaat | 600-1000 | 0,10 - 0,15 | | | 3 - 10 |
| spaanplaat | 350 – 700 | 0,29 | | 1880 | 3 - 10 |
| houtspaanacementplaat | 350 – 700 | 0,09 - 0,21 | | 1470 | 4 - 10 |
| houtwolcementplaat | 400 – 500 | 0,09 - 0,21 | | 1470 | 4 - 10 |
| houtwolmagnesiumplaat | | 0,10 - 0,12 | | 1470 | 4 - 10 |

[◀ vorige](#)[volgende ▶](#)

| <i>materiaal</i> | ρ <i>kg.m⁻³</i> | λ ' <i>W.m⁻¹.K⁻¹</i> | λ '' <i>W.m⁻¹.K⁻¹</i> | <i>c</i> <i>J.kg⁻¹.K⁻¹</i> | μ <i>-</i> |
|---------------------------------------|------------------------------------|---|--|---|-------------------|
| harde kunststoffen | | | | | |
| polyesterplaat (glasvezel versterkt) | 1200 | 0,17 | | 1470 | $> 9 \cdot 10^3$ |
| polyetheen | 920 – 950 | 0,17 | | 1470 | $> 9 \cdot 10^3$ |
| polymethylacrylaat | 1200 | 0,17 | | 1470 | $> 9 \cdot 10^3$ |
| polypropreen | 900 | 0,17 | | 1470 | $> 9 \cdot 10^3$ |
| polyvinylchloride | 1400 | 0,17 | | 1470 | $> 9 \cdot 10^3$ |
| kunststofschuimen | | | | | |
| polystyreenschuim (geëxpandeerd) | 10 | 0,035 | | 1470 | 15 - 50 |
| (bijv. styropor) | 20 | 0,035 | | 1470 | 35 - 100 |
| | 40 | 0,035 | | 1470 | 80 - 210 |
| | 60 | 0,035 | | 1470 | 130 - 370 |
| polystyreenschuim (geëxtrudeerd) | 30 – 40 | 0,030 | | 1470 | 250 |
| (bijv. roofmate) | | | | | |
| ureumharsschuim | 8 – 20 | 0,035 | | 1470 | 20 - 100 |
| polyurethaanschuim | 30 – 150 | 0,023-0,035 | | 1470 | 60 - 80 |
| (freon geblazen) | | | | | |
| fenolharsschuim | 25 – 200 | 0,035 | | 1470 | 90 - 250 |
| polyvinylchlorideschuim (hard) | 25 – 50 | 0,035 | | 1470 | 90 - 250 |
| achteraf geschuimde spouw | 20 – 100 | 0,054 | | 1470 | |
| bitumen | | | | | |
| asfalt (10 mm) | 2100 | 0,66 | | 840 | 3000 |
| bitumenlaag(0,3 mm), koud aangebracht | 1050 | 0,17 | | 1840 | 500 |
| bitumenlaag, heet aangebracht | 1050 | 0,17 | | 1840 | 5000 |
| diversen | | | | | |
| sneeuw vers | 80 – 190 | 0,1 - 0,2 | | | |
| sneeuw oud | 200- 800 | 0,5 - 1,8 | | 2300 | |
| ijs | 900 | 2,2 | | 2300 | |
| water (10 °C) | 1000 | 0,58 | | 4200 | |
| zeewater | 1020 | | | 3440 | |
| lucht (0 - 25 °C) | 1,2 | 0,023 | | 1000 | 1 (def.) |

[◀ vorige](#)

| <i>materiaal</i> | ρ <i>kg.m⁻³</i> | λ ' <i>W.m⁻¹.K⁻¹</i> | λ '' <i>W.m⁻¹.K⁻¹</i> | <i>c</i> <i>J.kg⁻¹.K⁻¹</i> | μ - |
|-----------------------|------------------------------------|---|--|---|------------|
| aarde | | | | | |
| bosgrond, humusaarde | 1450 | 0,78 | | 1840 | |
| grof grint | 2040 | 0,52 | | 840 | |
| kwartszand | 1600 | 1,07 | | 840 | |
| leem met weinig zand | 1450 | 1,28 | | 840 | |
| zandige klei | 1780 | 0,92 | | 840 | |
| zand (droog) | 1600 | 0,26 - 0,33 | | 840 | |
| zeezand | 1600 | 0,30 - 2,40 | | 840 | |
| grond (natuurvochtig) | 1700 | 2,0 | | 840 | |
| estrich | 2000 | 1,43 | | | |
| plexiglas | | 0,18 | | | |
| katoen geweven | 330 | 0,07 | | 1300 | |
| linnen geweven | 590 | 0,07 | | | |
| wol geweven | 380 | 0,05 | | 1880 | |
| zijde geweven | 300 | 0,05 | | | |

warmteovergangscoefficiënt α in $W.m^{-2}.K^{-1}$

| <i>constructievlak</i> | <i>Omstandigheden</i> | <i>in- dex</i> | α <i>W.m⁻².K⁻¹</i> | R <i>K.m².W⁻¹</i> |
|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------|--|--|
| verticale wand, binnenzijde | binnen tocht < 0,2 m.s ⁻¹ | i | 7,7 | 0,129 |
| verticale wand, buitenzijde | buiten wind 4 m.s ⁻¹ | e | 23 | 0,043 |
| plafond, dak (onderzijde) | stilstaande lucht | i | 5 | 0,20 |
| boven kouder dan beneden | natuurlijke luchtbeweging | | 8,3 | 0,12 |
| bovenzijde vloer | voelbare tocht | i | 10 | 0,10 |
| boven kouder dan beneden | | | 6 | 0,17 |
| boven warmer dan beneden | | | | |
| binnenkant raam | stilstaande lucht | i | 2,3 | 0,43 |
| | natuurlijke luchtbeweging | | 6 | 0,17 |
| | voelbare luchtbeweging | | 11 | 0,09 |
| binnenkant plat dak | koud dak | i | 12,5 | 0,08 |
| aardoppervlak | windstil | e | 14,5 | 0,069 |
| boven kouder dan beneden | | | | |
| buitenumhulling gebouw | bij windsnelheid 2 m.s ⁻¹ | e | 23 | 0,043 |
| | 5 m.s ⁻¹ | | 29 | 0,034 |
| | 10 m.s ⁻¹ | | 59 | 0,017 |
| | 25 m.s ⁻¹ | | 125 | 0,008 |
| verticale spouw | luchtlaag 2 cm | s | 6 | 0,17 |
| | 6 cm | | 5,5 | 0,18 |
| | meer dan 10 cm | | 6 | 0,17 |
| horizontale spouw | luchtlaag 2 cm | s | 6,6 | 0,15 |
| boven kouder dan beneden | 6 cm | | 6,25 | 0,16 |
| | meer dan 10 cm | | 6,6 | 0,16 |
| horizontale spouw | luchtlaag 2 cm | s | 5,3 | 0,19 |
| boven warmer dan beneden | 6 cm | | 4,5 | 0,22 |
| | meer dan 10 cm | | 4,2 | 0,24 |
| spouw | sterk geventileerd | s | ∞ | 0 |
| verticale spouw | zwak geventileerd | s | 6 | 0,17 |
| | luchtlaag > 15 cm | | | |
| horizontale spouw | zwak geventileerd | s | 6,7 | 0,15 |
| boven kouder dan beneden | luchtlaag > 15 cm | | 5 | 0,20 |
| boven warmer dan beneden | | | | |

warmtedoorgangscoefficiënt U van ramen en deuren in $W.m^{-2}.K^{-1}$

| U in $W.m^{-2}.K^{-1}$ | | profiel | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|----------------|-------------------|---------------------|
| | | hout kunststof | metaal geïsoleerd | metaal ongeïsoleerd |
| enkel buitenraam | enkel glas | 5,7 | 5,7 | 5,7 |
| enkel buitenraam | dubbel glas , 6 mm spouw | 3,3 | 3,5 | 3,7 |
| enkel buitenraam | dubbel glas , spouw > 12 mm | 3 | 3,3 | 3,5 |
| dubbel buitenraam | enkel glas in elk | 3 | 3,3 | 3,5 |
| raam, enkel glas | | 5,7 | | |
| raam, dubbel glas, 8 mm spouw | | 3,5 | | |
| buitendeur, massief hout, zonder raam | | 3,5 | | |
| binnendeur, massief hout | | 2,8 | | |

warmtedoorgangscoefficiënt U van ramen en deuren in $W.m^{-2}.K^{-1}$ volgens NEN 5128

| Beglazing | Kozijn, met U_{kozijn} [$W/(m^2.K)$] | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------|--------|--|
| | 1,0 | 1,4 | 1,8 | 2,0 | 2,4 | 2,6 | 2,8 | 3,0 | 3,2 | 3,4 | 3,5 | 3,6 | 3,8 | 7,0 | |
| raammateriaalgroep (DIN 4108) | 1.0 | | | 2.1 | | | 2.2 | | | 2.3 | | 3.0 | | | |
| enkel glas, U_{glas} [$W/(m^2.K)$]: | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5,8 | 4,8 | 4,9 | 5,0 | 5,0 | 5,1 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,3 | 5,3 | | 5,4 | 5,4 | 6,2 | |
| meenvoudig glas, U_{glas} [$W/(m^2.K)$]: | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,3 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,5 | | 3,5 | 3,6 | 4,6 | |
| 3,2 | 2,9 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,3 | 3,4 | 3,4 | | 3,5 | 3,5 | 4,5 | |
| 3,0 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,1 | 3,2 | 3,2 | 3,3 | | 3,3 | 3,4 | 4,4 | |
| dubbel glas | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,8 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,0 | 3,1 | 3,1 | | 3,2 | 3,3 | 4,2 | |
| 2,6 | 2,4 | 2,5 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,8 | 2,9 | 2,9 | 3,0 | | 3,1 | 3,1 | 4,1 | |
| 2,4 | 2,3 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,7 | 2,8 | 2,8 | 2,9 | | 3,0 | 3,0 | 4,0 | |
| 2,2 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | | 2,8 | 2,9 | 3,8 | |
| HR-glas | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,6 | | 2,7 | 2,7 | 3,7 | |
| 1,8 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | | 2,5 | 2,6 | 3,6 | |
| HR+ glas | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | | 2,4 | 2,5 | 3,4 | |
| 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,9 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | | 2,3 | 2,3 | 3,3 | |
| HR++ glas | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | | 2,1 | 2,2 | 3,1 | |
| 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | | 2,0 | 2,0 | 3,0 | |
| 0,9 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | | 1,9 | 2,0 | 2,9 | |
| 0,7 | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | | 1,8 | 1,8 | 2,8 | |
| 0,5 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | | 1,6 | 1,7 | 2,7 | |
| forfaitaire waarde | | | | | hout | | | | | | | | metaal, therm. onderbroken | metaal | |

U_{glas} is de U-waarde van het glas in [$W/(m^2.K)$]

U_{kozijn} is de U-waarde van het kozijn in [$W/(m^2.K)$]

Interpoleer rechtlijnig voor de tussenliggende waarden

Indien in afwijking van het voorgaande een andere waarde wordt overlegd, moet deze naar boven zijn afgerond op een veelvoud van 0,1 [$W/(m^2.K)$]

eigenschappen neutraal zonwerend isolatieglas

| Merknaam | LTA | ZTA | LRe | LRi | Ra | spouw vulling | U [W/m2K] | opbouw [mm] |
|------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|---------------|-----------|---------------------|
| Cool-lite SKN 165 | 0,60 | 0,30 | 0,15 | 0,12 | | argon | 1,2 | 6-12-6 |
| Stopray Safir 61/32 | 0,61 | 0,32 | 0,15 | | | argon | 1,2 | 6-12-6 |
| Luxguard superneutraal | 0,63 | 0,32 | 0,14 | | 94 | lucht | 1,4 | 6-16-6 |
| Iglas Rinosol HP66/33 | 0,66 | 0,33 | 0,15 | 0,16 | 92 | argon | 1,1 | 6-16-6 |
| Euroglas Combi Neutral 62/33 | 0,62 | 0,33 | 0,14 | 0,13 | 93 | argon | 1,0 | 6-16-6 |
| Combi Neutral 62/33 | 0,62 | 0,33 | 0,14 | 0,13 | | argon | 1,2 | 6-12-6 |
| Ipasol Natura 66/34 | 0,66 | 0,34 | 0,11 | 0,12 | 95 | argon | 1,1 | 6-16-6 |
| Stopray Elite | 0,67 | 0,37 | 0,14 | 0,15 | 97 | argon | 1,2 | 6-12-6 |
| Cool-lite SKN 172 | 0,66 | 0,38 | 0,09 | | 96 | argon | 1,3 | 6-12-6 |
| Viracon VE1-2M | 0,70 | 0,38 | 0,10 | 0,11 | | lucht | 1,6 | 6-12-6 |
| Ariplak DAG 66 | 0,66 | 0,38 | 0,09 | 0,11 | | lucht | 1,6 | 6-12-6 |
| Stopray Cristal 61/40 | 0,61 | 0,40 | 0,18 | 0,13 | | argon | 1,3 | 6-12-6 |
| Combi Neutral 70/40 | 0,70 | 0,40 | 0,12 | 0,13 | 94 | argon | 1,3 | 6-12-6 |
| | lichttoetredingsfactor | zontoetredingsfactor | lichtreflectie naar buiten | lichtreflectie naar binnen | kleurweergave-index | lucht / gas | | glas - spouw - glas |

In deze tabel is een beknopt overzicht gegeven van isolatieglas met neutrale zonreflecterende coatings. Alleen glassoorten met een LTA (lichttoetredingsfactor) van tenminste 0,6 en een ZTA (zontoetredingsfactor) van ten hoogste 0,4 zijn opgenomen.

verklaring van glasgrootheden

| | |
|-----|---|
| LTA | lichttoetredingsfactor |
| ZTA | zontoetredingsfactor |
| LRe | lichtreflectie naar buiten |
| LRi | lichtreflectie naar binnen |
| Ra | kleurweergave-index volgens DIN 6169 (referentiewaarde voor een opening zonder glas: Ra=100) |

algemene richtwaarden zontoetredingsfactor ZTA

| materiaal | Zta |
|--|-------------|
| enkel glas | 0,75 - 0,85 |
| dubbel glas (0,75 ² à 0,85 ²) | 0,65 - 0,75 |
| extra isolerend dubbel glas | 0,5 - 0,7 |
| warmtereflecterend glas | 0,6 |
| zonwerend dubbel glas | 0,1 - 0,7 |
| ruit met speciale buitenzonwering | 0,15 |

stralingsconstanten ε , σ en C

| oppervlak | ε | σ | C |
|-------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| | | $10^{-8} W.m^{-2}.K^4$ | $W.m^{-2}.K^4$ |
| absoluut zwart oppervlak | 1 | 5,67 | 5,67 |
| aluminium, ruw | 0,07 - 0,09 | 0,41 - 0,49 | 0,41 - 0,49 |
| aluminium, gepolijst | 0,05 | 0,30 | 0,30 |
| lood met oxidelaag | 0,28 | 1,6 | 1,6 |
| staal met wals- of giethuid | 0,76 - 0,81 | 4,3 - 4,6 | 4,3 - 4,6 |
| bewerkt staal (o.m. gedraaid) | 0,25 - 0,46 | 1,4 - 2,6 | 1,4 - 2,6 |
| rood geoxideerd staal | 0,69 | 3,9 | 3,9 |
| staal met ruwe oxidelaag | 0,81 | 4,62 | 4,62 |
| mat vertind oppervlak | 0,69 | 3,9 | 3,9 |
| glanzend vertind oppervlak | 0,09 | 0,50 | 0,50 |
| verzinkt oppervlak | 0,23 - 0,28 | 1,3 - 1,6 | 1,3 - 1,6 |
| gepolijst koper | 0,09 | 0,53 | 0,53 |
| zwart geoxideerd koper | 0,79 | 4,5 | 4,5 |
| aluminiumverf | 0,35 - 0,42 | 2,0 - 2,4 | 2,0 - 2,4 |
| normale verf en lak | 0,88 - 0,92 | 5,0 - 5,2 | 5,0 - 5,2 |
| ruwe asbest | 0,99 | 5,6 | 5,6 |
| gips | 0,92 | 5,2 | 5,2 |
| glas (glad) | 0,97 | 5,5 | 5,5 |
| rubber (zacht) | 0,88 | 5,0 | 5,0 |
| rubber (hard, zwart) | 0,93 | 5,3 | 5,3 |
| papier | 0,97 | 5,5 | 5,5 |
| water (invalshoek licht 90°) | 0,98 | 5,54 | 5,54 |
| water (diffuus licht) | 0,92 | 5,24 | 5,24 |
| baksteen (ruw, rood) | 0,93 - 0,97 | 5,3 - 5,5 | 5,3 - 5,5 |
| wit geglazuurde tegels | 0,88 | 5,0 | 5,0 |
| asfalt, bitumen | 0,92 | 5,2 | 5,2 |
| geschaafd eikehout | 0,90 | 5,1 | 5,1 |
| glad ijs (condens !) | 0,92 | 5,2 | 5,2 |

correctiefactor $f_{(T)}$ voor de stralingsconstante $a = f_{(T)} \cdot C$

| $f_{(T)}$ | T_2 in °C → | | | | | | | |
|-----------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | T_1 in °C ↓ | - 10 | 0 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 |
| -20 | 0,688 | | | | | | | |
| -10 | 0,729 | | | | | | | |
| 0 | 0,772 | 0,815 | | | | | | |
| 10 | 0,816 | 0,861 | 0,908 | | | | | |
| 20 | 0,863 | 0,909 | 0,957 | 1,008 | | | | |
| 30 | 0,913 | 0,960 | 1,009 | 1,060 | 1,230 | | | |
| 40 | 0,964 | 1,012 | 1,063 | 1,116 | 1,288 | | | |
| 50 | 1,018 | 1,068 | 1,119 | 1,173 | 1,350 | | | |
| 100 | 1,327 | 1,38 | 1,44 | 1,50 | 1,70 | 2,08 | | |
| 200 | 2,16 | 2,23 | 2,30 | 2,37 | 2,61 | 3,07 | 4,24 | |
| 300 | 3,33 | 3,41 | 3,50 | 3,59 | 3,88 | 4,43 | 5,78 | |
| 400 | 4,89 | 4,99 | 5,10 | 5,21 | 5,55 | 6,20 | 7,76 | |
| 500 | 6,91 | 7,04 | 7,16 | 7,29 | 7,70 | 8,45 | 10,24 | |
| 600 | 9,45 | 9,59 | 9,74 | 9,89 | 10,37 | 11,24 | 13,28 | |
| 700 | 12,56 | 12,73 | 12,90 | 13,08 | 13,63 | 14,62 | 16,93 | |
| 800 | 16,31 | 16,51 | 16,71 | 16,91 | 17,54 | 18,67 | 21,27 | |
| 900 | 20,76 | 20,98 | 21,21 | 21,44 | 22,16 | 23,43 | 26,34 | |
| 1000 | 25,97 | 26,22 | 26,47 | 26,73 | 27,54 | 28,98 | 32,22 | |

temperatuurvereffeningscoëfficiënt a

| materiaal | a | materiaal | a |
|----------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| | $m^2 \cdot s^{-1}$ | | $m^2 \cdot s^{-1}$ |
| hardhout | $1,13 \cdot 10^{-7}$ | baksteen (rood) | $4,55 \cdot 10^{-7}$ |
| naaldhout | $1,35 \cdot 10^{-7}$ | kunststofschuim | $4,76 \cdot 10^{-7}$ |
| houtwolcement | $2,04 \cdot 10^{-7}$ | aarde | $5,33 \cdot 10^{-7}$ |
| gasbeton | $3,91 \cdot 10^{-7}$ | zand (10% vochtig) | $5,81 \cdot 10^{-7}$ |
| asbestcement eternit | $4,39 \cdot 10^{-7}$ | beton (verdicht gewapend) | $7,38 \cdot 10^{-7}$ |

contactcoëfficiënt $b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c}$

| materiaal | b | minimale T_{vloer} |
|--------------------------|--|----------------------|
| | $J \cdot m^{-2} \cdot K^{-1} \cdot s^{-\frac{1}{2}}$ | °C |
| koper | 30000 | |
| staal | 15000 | |
| beton | 1700 - 2000 | + 22 |
| hout ** | 700 | + 18 |
| linoleum | 600 | + 15 |
| kurk (** droog) | 140 | - 12 |
| wollen tapijt (** droog) | 100 | - 25 |
| huid | 1120 | |

** Er treden aanzienlijke afwijkingen op wanneer er wèl enig vocht in het materiaal aanwezig is. Meestal is dit het geval.

equivalent temperatuurverschil ΔT_{eq}
in °C voor zonbestraalde platte daken en wanden

De tabel geldt onder de volgende omstandigheden :

- maximale temperatuur van de buitenlucht : 32 °C
- minimale temperatuur van de buitenlucht 's nachts : 18 °C
- dagelijkse temperatuurschommeling maximaal : 14 °C
- geografische breedte : 50° NB
- maximale luchttemperatuur binnen : $t_i = 26$ °C
- gemiddelde luchttemperatuur buiten : $t_{am} = 24,5$ °C
- maand : juli
- absorptiecoëfficiënt : $A = 0,7 - 0,9$
- warmteoverdrachtscoëfficiënt buiten : $\alpha_e = 17,5 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
- warmteoverdrachtscoëfficiënt binnen : $\alpha_i = 5,8 - 8 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$

| | m/A kg.m ⁻² | tijd in klokuren | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| NO | 100 | -7,3 | -5,4 | -1,5 | 1,7 | 3,4 | 4,6 | 5,2 | 5,6 | 5,9 | 6,0 | 5,9 | 5,7 | 5,5 | 5,1 | 4,7 |
| | 300 | -3,7 | -3,1 | -2,5 | -1,7 | -0,9 | 0 | 0,9 | 1,9 | 2,8 | 3,6 | 4,1 | 4,4 | 4,3 | 4,0 | 3,6 |
| | 500 | -0,5 | -0,9 | -1,1 | -1,2 | -1,2 | -1,1 | -1,0 | -0,7 | -0,5 | -0,1 | 0,3 | 0,7 | 1,3 | 1,9 | 2,5 |
| O | 100 | -7,2 | -6,0 | -0,9 | 6,0 | 9,6 | 11,8 | 12,4 | 11,7 | 10,6 | 9,5 | 8,8 | 8,0 | 7,3 | 6,7 | 6,2 |
| | 300 | -2,0 | -1,7 | -0,9 | 0,8 | 2,9 | 6,0 | 7,2 | 7,6 | 7,7 | 7,5 | 7,2 | 6,8 | 6,5 | 6,2 | 6,0 |
| | 500 | 1,3 | 0,7 | 0,3 | 0,2 | 0,4 | 0,8 | 1,5 | 2,2 | 2,9 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 4,8 | 5,0 | 5,1 |
| ZO | 100 | -7,8 | -7,9 | -6,0 | 1,1 | 5,8 | 9,8 | 13,3 | 14,8 | 15,1 | 14,6 | 13,3 | 11,7 | 10,0 | 8,8 | 7,6 |
| | 300 | -2,7 | -2,3 | -1,7 | -0,7 | 0,9 | 1,8 | 7,7 | 9,4 | 10,0 | 10,0 | 9,7 | 8,9 | 8,0 | 7,5 | 7,2 |
| | 500 | 1,4 | 0,7 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,4 | 0,8 | 1,5 | 2,2 | 3,2 | 4,4 | 5,2 | 5,7 | 5,9 | 6,0 |
| Z | 100 | -7,3 | -8,3 | -8,5 | -8,1 | -5,4 | 1,8 | 6,7 | 11,4 | 14,8 | 16,7 | 16,8 | 16,0 | 14,4 | 12,5 | 10,7 |
| | 300 | -2,6 | -3,5 | -4,0 | -4,0 | -3,4 | -2,0 | 0 | 3,0 | 7,8 | 10,2 | 11,1 | 11,1 | 10,5 | 9,2 | 8,0 |
| | 500 | 1,4 | 0,9 | 0,4 | -0,3 | -1,0 | -1,3 | -1,2 | -0,8 | -0,2 | 0,7 | 1,8 | 3,3 | 4,5 | 5,4 | 5,9 |
| ZW | 100 | -7,0 | -8,0 | -8,4 | -8,2 | -7,3 | -5,1 | -1,5 | 3,5 | 8,6 | 16,4 | 19,7 | 20,9 | 20,8 | 20,0 | 18,0 |
| | 300 | -0,9 | -2,1 | -2,9 | -3,3 | -3,2 | -2,8 | -2,0 | -0,5 | 2,7 | 7,9 | 11,5 | 13,5 | 14,2 | 13,9 | 12,6 |
| | 500 | 2,7 | 1,9 | 1,3 | 0,7 | 0,3 | 0 | -0,2 | -0,2 | 0,1 | 0,5 | 1,1 | 2,0 | 3,3 | 4,9 | 6,8 |
| W | 100 | -6,1 | -7,5 | -7,9 | -7,8 | -7,1 | -5,5 | -2,6 | 0,9 | 4,0 | 8,2 | 11,5 | 14,8 | 17,4 | 19,8 | 21,7 |
| | 300 | -0,3 | -2,1 | -2,8 | -3,1 | -3,1 | -2,8 | -2,2 | -1,2 | 0,4 | 3,0 | 7,1 | 9,6 | 11,7 | 13,2 | 14,4 |
| | 500 | 2,9 | 2,0 | 1,4 | 0,7 | 0,2 | -0,2 | -0,5 | -0,5 | -0,4 | 0 | 0,4 | 1,2 | 2,3 | 3,6 | 5,4 |
| NW | 100 | -6,8 | -7,6 | -7,9 | -7,7 | -6,8 | -5,0 | -2,9 | -0,5 | 1,7 | 4,4 | 7,1 | 10,7 | 14,0 | 14,8 | 13,6 |
| | 300 | -2,0 | -3,0 | -3,7 | -4,1 | -4,3 | -4,0 | -3,2 | -2,0 | -0,7 | 0,9 | 2,9 | 6,0 | 8,3 | 9,4 | 9,7 |
| | 500 | 0,7 | 0,2 | -0,3 | -0,8 | -1,2 | -1,5 | -1,8 | -1,9 | -1,8 | -1,5 | -1,0 | -0,3 | 0,3 | 1,1 | 1,9 |
| N | 100 | -7,6 | -7,8 | -7,6 | -7,0 | -5,9 | -4,2 | -2,4 | 0,4 | 2,5 | 3,9 | 4,7 | 5,1 | 5,3 | 5,3 | 5,0 |
| | 300 | -4,0 | -4,5 | -4,7 | -4,7 | -4,6 | -4,3 | -3,5 | -2,2 | -0,4 | 1,0 | 1,9 | 2,6 | 3,0 | 3,2 | 3,3 |
| | 500 | -1,7 | -2,2 | -2,7 | -3,0 | -3,1 | -3,2 | -3,1 | -3,0 | -2,8 | -2,6 | -2,2 | -1,8 | -1,3 | -0,8 | -0,3 |
| Plat Warm Dak | 50 | -8,8 | -3,0 | 4,4 | 13,7 | 23,7 | 32,0 | 40,8 | 42,8 | 42,7 | 41,2 | 37,2 | 33,3 | 28,0 | 21,2 | 14,2 |
| | 100 | -1,4 | -3,0 | -3,3 | -2,2 | 2,0 | 9,2 | 16,0 | 23,0 | 30,0 | 33,0 | 33,6 | 32,7 | 30,2 | 26,7 | 23,0 |
| | 200 | -1,9 | -2,0 | -1,6 | -0,4 | 1,8 | 5,2 | 11,0 | 15,8 | 20,0 | 23,2 | 24,7 | 25,1 | 24,3 | 22,3 | 19,2 |
| | 300 | 3,6 | 1,9 | 1,4 | 1,6 | 2,5 | 4,5 | 7,2 | 10,8 | 13,7 | 16,3 | 18,0 | 19,0 | 19,2 | 18,9 | 17,6 |
| | 500 | 8,7 | 7,7 | 6,9 | 6,2 | 5,7 | 5,5 | 5,7 | 6,5 | 7,8 | 9,3 | 10,6 | 11,7 | 12,7 | 13,3 | 13,6 |

graaduren

per stookseizoen (15 september - 15 mei), gebaseerd op het gemiddelde van 1961 - 1970

| tijd | gewenste temperatuur van de binnenlucht | | | | | | | |
|---------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 00 – 08 | 18871 | 20774 | 22699 | 24634 | 26576 | 28521 | 30466 | 32412 |
| 08 – 16 | 17447 | 19565 | 21763 | 24024 | 26330 | 28673 | 31042 | 33432 |
| 16 – 24 | 12305 | 13680 | 15083 | 16506 | 17943 | 19389 | 20841 | 22297 |

metabolisme en arbeid

in normale toestand is de warmteafgifte van het menselijk lichaam 58 W.m^{-2} ($M = 1 \text{ MET.}$)

zie ook internet : www.mq.edu.au/~rdedear/pmv

| Activiteit | M in W.m^{-2} | M in MET |
|--|--------------------------|------------|
| Rust | < 70 | < 1,2 |
| liggend, slapen | 46 | 0,8 |
| zittend | 58 | 1,0 |
| stilstaand, lichte activiteit zittend | 70 | 1,2 |
| Licht | 70 - 140 | 1,2 - 2,4 |
| kleine onderdelen monteren, schuren of inspecteren, bureauwerk, typen, tekenwerk, handmixer staan | 80 | 1,4 |
| lichte activiteit, normaal stand werk (winkel, laboratorium, thuis) | 93 - 116 | 1,6 - 2,0 |
| wandelen 3 km.h^{-1} | 116 | 2,0 |
| Gemiddeld | 140 - 280 | 2,4 - 4,8 |
| inpakken, metselen, hijskraan bedienen, werkzaamheden aan de werkbank, vijlen, kleine metaalonderdelen | 150 | 2,6 |
| bewerken, naaimachine bedienen, lompen sorteren, wandelen 5 km.h^{-1} | 165 | 2,8 |
| lopen, normaal timmeren of metselen | 175 | 3,0 |
| wandelen 7 km.h^{-1} | 230 | 4,0 |
| staan zagen | 230 | 4,0 |
| Zwaar | 280 - 350 | 4,8 - 6,0 |
| schoonmaken, cement aanmaken, stukadoeren, schilderen, grote onderdelen inpakken, straatmaken, licht tilwerk | | |
| Zeer zwaar | 350 - 420 | 6,0 - 7,2 |
| zware tilwerkzaamheden, planten van bomen, schepwerk, regelmatig dozen van 7 kg tillen | | |
| Extreem zwaar | > 420 | > 7,2 |
| trapklimmen, hoogfrequent 20 kg tillen | | |
| hardlopen 10 km.h^{-1} | 460 | 8,0 |

warmteweerstand van kleding en kledingpakketten : CLO-waarden

| <i>type kleding</i> | $m^2.K.W^{-1}$ | <i>CLO</i> |
|--|----------------|-------------|
| Kledingpakket : | | |
| Ongekleed | 0 | 0 |
| Bikini | 0,008 | 0,05 |
| Korte broek | 0,015 | 0,10 |
| Normale tropische kleding | 0,045 | 0,29 |
| Lichte zomerkleding | 0,080 | 0,52 |
| Licht werkpak | 0,110 | 0,71 |
| Licht tropisch pak | 0,125 | 0,8 |
| Normaal zakencostuum | 0,155 | 1,0 |
| Winterpak voor binnen | 0,16 | 1,03 |
| Winterpak voor buiten : dik noord-Europees pak met vest en lang ondergoed | 0,23 | 1,48 |
| poolkleding | 0,5 - 0,6 | 3,0 - 4,0 |
| Afzonderlijk : | | |
| Panty | 0,002 | 0,01 |
| Dunne sokken | 0,005 | 0,03 |
| Dikke sokken | 0,006 | 0,04 |
| Ondergoed, bh en slip | 0,008 | 0,05 |
| Ondergoed, onderrok | 0,020 | 0,13 |
| Ondergoed, onderjurk | 0,029 | 0,19 |
| Ondergoed, slip | 0,008 | 0,05 |
| Ondergoed, onderhemd | 0,009 | 0,06 |
| T-shirt, hemd | 0,014 | 0,08 - 0,09 |
| Overhemd, licht met korte mouwen | 0,031 | 0,20 |
| Overhemd, licht met lange mouwen | 0,043 | 0,28 |
| Overhemd, dik, korte mouwen | 0,039 | 0,25 |
| Rok, dik | 0,034 | 0,22 |
| Japon / jurk dun | 0,026 | 0,17 |
| Japon / jurk dik | 0,098 | 0,63 |
| Trui, dun met korte mouwen | 0,026 | 0,17 |
| Trui, dik met lange mouwen | 0,057 | 0,37 |
| jas, dik | 0,076 | 0,40 |
| lange broek, dun | 0,040 | 0,26 |
| lange broek, gemiddeld | 0,050 | 0,32 |
| lange broek, dik | 0,068 | 0,44 |
| schoenen, licht | 0,006 | 0,04 |

comfort : de schaal van Fangerbetekenis van de *PMV*

| | | | |
|----|--------------------|----|--------------------|
| +5 | ontoelaatbaar heet | 0 | neutraal |
| +4 | zeer heet | -1 | koel |
| +3 | heet | -2 | vrij koel |
| +2 | warm | -3 | koud |
| +1 | vrij warm | -4 | zeer koud |
| 0 | neutraal | -5 | ontoelaatbaar koud |

schaal van windsnelheden

| Windsterkte volgens Beaufort | gemiddelde windsnelheid op 10 m hoogte boven zeeniveau Beaufort KNMI | | | | omschrijving zeeoppervlak (petersenschaal) | omschrijving van het KNMI |
|------------------------------|--|-------------------|-------------------|---------------------|---|--|
| | m.s ⁻¹ | omschrijving | m.s ⁻¹ | omschrijving | | |
| 0 | 0,0 - 0,2 | stil | 0 | windstil | spiegelgladde zee | rook stijgt (vrijwel) recht omhoog |
| 1 | 0,3 - 1,5 | flauw en stil | 0 - 3 | zwakke wind | golfjes _ geschubde zee | rookpluimen geven windrichting aan |
| 2 | 1,6 - 3,3 | flauwe koelte | | | kleine, korte golven - glasachtig | bladeren en windvanen bewegen |
| 3 | 3,4 - 5,4 | lichte koelte | 3 - 8 | matige wind | kleine golven - brekende toppen geven glasachtig schuim | bladeren en twijgen bewegen voortdurend |
| 4 | 5,5 - 7,9 | matige koelte | | | langere golven - witte schuimkoppen | kleine takken beginnen te bewegen - stof en papier dwarrelt op |
| 5 | 8,0 - 10,7 | frisse bries | 8 - 11 | vrij krachtige wind | matige golven met witte schuimkoppen - soms opwaaiend schuim | bebladerde takken zwaaien - gekuifde golven |
| 6 | 10,8 - 13,8 | stijve bries | 11 - 14 | harde wind | grotere golven - brekende koppen geven witte schuimplekken | grote takken bewegen - wind fluit en zoemt |
| 7 | 13,9 - 17,1 | harde wind | 14 - 17 | harde wind | hogere golven - wit schuim vormt windstrepen | bomen bewegen - wind is hinderlijk |
| 8 | 17,2 - 20,7 | stormachtige wind | 17 - 20 | stormachtige wind | hoge golven met lange kam - afwaaiende toppen geven schuimstrepen | twijgen breken af - voortgaan wordt bemoeilijkt |
| 9 | 20,8 - 24,4 | storm | 20 - 24 | storm | zware schuimstrepen - beginnende rollers - verwaaid schuim geeft slecht zicht | lichte schade - dakpannen waaien weg |
| 10 | 24,5 - 28,4 | zware storm | 24 - 28 | zware storm | zeer hoge golven met lange overstortende golfkammen - begin witte zee - zware overslaande rollers | ontwortelde bomen - aanzienlijke schade |
| 11 | 28,5 - 32,6 | zeer zware storm | 28 - 32 | zeer zware storm | golfkammen verwaaien overal - zee geheel bedekt met schuimstrepen - zeer slecht zicht | uitgebreide schade aan bossen en gebouwen |
| 12 | 32,7 - 36,9 | orkaan | 32 - 37 | orkaan | lucht geheel gevuld met schuim en water - geheel witte zee - géén zicht | ernstige verwoesting |
| 13 | 37,0 - 41,4 | orkaan | 37 - 41 | orkaan | | |
| 14 | 41,5 - 46,1 | orkaan | 41 - 46 | orkaan | | |
| 15 | 46,2 - 50,9 | orkaan | 46 - 51 | orkaan | | |
| 16-17 | > 51,0 | orkaan | > 51 | orkaan | | totale verwoesting |