

Bijlage D (normatief)

Bepaling van maandelijkse warmtetransmissiecoëfficiënten, $H_{g;mi}$

D.1 Bepaling van de maandelijkse thermische koppelingscoëfficiënten

De maandgemiddelde, stationaire warmteverliescoëfficiënt via de grond in maand mi , $H_{g;mi}$, in W/K, wordt berekend met:

$$H_{g;an;mi} = \frac{\Phi_{mi}}{\theta_{i;mi} - \theta_{e;avg;an}} \quad (D.1)$$

OPMERKING 1 Deze formule is ontleend aan C.7 van ISO 13370.

OPMERKING 2 In formule (D.1) wordt het jaarlijks gemiddelde temperatuurverschil gebruikt omdat het verschil tussen interne en externe temperatuur per maand gelijk kan zijn aan nul. $H_{g;an,m}$ wordt gebruikt met het verschil tussen de interne temperatuur in maand m en de jaarlijks gemiddelde externe temperatuur.

waarin:

$\theta_{i;mi}$ is de maandgemiddelde binnentemperatuur in maand mi , in °C;
hiervoor wordt de setpoint temperatuur voor verwarming, $\theta_{int;set;H;stc;zi}$, voor de desbetreffende gebruiksfunctie gehanteerd, bepaald volgens 7.9.4.1;

$\theta_{e;avg;an}$ is de jaargemiddelde buitentemperatuur, bepaald volgens 17.2, in °C;

Φ_{mi} is de gemiddelde warmtestroom via de grond in maand mi , bepaald volgens D.2.1, in W.

Seizoensgebonden waarden aangepast naar het gemiddelde temperatuurverschil van het verwarmingseizoen worden gegeven door de onderstaande formule:

$$H_{H;g;adj} = \frac{\sum_{mi;H} H_{g;an;mi}}{6} \times \frac{\sum_{mi;H} (\theta_{int;set;H;stc} - \theta_{e;avg;mi})}{6 \cdot (\theta_{int;set;H;stc} - \theta_{e;an})} \quad (D.2)$$

waar $mi;H$ staat voor de som van de periode oktober tot en met maart.

Seizoensgebonden waarden aangepast naar het gemiddelde temperatuurverschil van het koelseizoen worden gegeven door de onderstaande formule:

$$H_{C;g;adj} = \frac{\sum_{mi;C} H_{g;an;mi}}{6} \times \frac{\sum_{mi;C} (\theta_{int;set;C;stc} - \theta_{e;avg;mi})}{6 \cdot (\theta_{int;set;C;stc} - \theta_{e;an})} \quad (D.3)$$

waar $mi;C$ staat voor de som van de periode april tot en met september.

OPMERKING 3 $H_{H;g;adj}$ en $H_{C;g;adj}$ worden gebruikt voor de tijdconstanteberekening van het gebouw of de rekenzone.

D.2 Maandelijks warmtestroom via de grond

D.2.1 Bepalingsmethode voor de maandelijks warmtestroom via de grond

De getalswaarde van de maandelijks warmtestroom via de grond, Φ_{mi} , in W, wordt bepaald met:

$$\Phi_{mi} = H_g \times (\bar{\theta}_i - \bar{\theta}_e) - H_{pi} \times \hat{\theta}_i \times \cos\left(2\pi \times \frac{(mi - \tau + \alpha)}{12}\right) + H_{pe} \times \hat{\theta}_e \times \cos\left(2\pi \times \frac{(mi - \tau - \beta)}{12}\right) \quad (D.4)$$

OPMERKING 1 De formule is ontleend aan C.2 van NEN-EN-ISO 13370.

waarin:

H_g is de stationaire warmteverliescoëfficiënt via de grond, bepaald volgens 8.3, in W/K;

H_{pi} is de periodieke warmteverliescoëfficiënt door variatie van de binnenluchttemperatuur, bepaald volgens D.2.2, in W/K;

H_{pe} is de periodieke warmteverliescoëfficiënt door variatie van de buitenluchttemperatuur, bepaald volgens D.2.2, in W/K;

$\bar{\theta}_i$ is de getalswaarde van de jaargemiddelde binnenluchttemperatuur, in °C;
voor de binnenluchttemperatuur van verwarmde ruimten, $\bar{\theta}_i$ worden temperaturen gehanteerd:

— woningen $\bar{\theta}_i = 20$ °C;

— utiliteitsgebouwen: overeenkomstig $\theta_{int;set,H}$ voor de desbetreffende gebruiksfunctie uit tabel 7.11;

$\bar{\theta}_e$ is de getalswaarde van jaargemiddelde buitenluchttemperatuur, in °C;
op basis van NEN 5060 geldt $\bar{\theta}_e = 10,67$ °C;

$\hat{\theta}_i$ is de amplitude van de jaarvariatie in de maandgemiddelde binnenluchttemperatuur, in K;
waarvoor geldt $\hat{\theta}_i = 2$ K;

$\hat{\theta}_e$ is de amplitude van de jaarvariatie in de maandgemiddelde buitenluchttemperatuur, in K;
op basis van NEN 5060 geldt $\hat{\theta}_e = 7,9$ K;

mi is het nummer van de kalendermaand;

τ is het nummer van de kalendermaand met de laagste maandgemiddelde buitenluchttemperatuur; op basis van NEN 5060 geldt $\tau = 1$;

α is de getalswaarde van de verschuiving van de tijd, in maanden, van de variatie in warmtetransport ten opzichte van de variatie van de buitenluchttemperatuur, ontleend aan tabel D.1;

β is de getalswaarde van de tijdvertraging, in maanden, van de warmtetransportvariatie ten opzichte van de binnenluchttemperatuurvariatie, ontleend aan tabel D.1.

OPMERKING 2 In H_{pi} en H_{pe} is het effect van lineaire warmteverliezen aan de vloerranden verwerkt.

Tabel D.1 — Faseverschuiving warmtetransport naar de grond (in maanden)

Type vloer	α	β
Vloer direct op ondergrond, randen verticaal geïsoleerd of horizontaal buiten geïsoleerd met $R_c \geq 2,0 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$	0	2
Vloer boven kruipruimte	0	0
Alle overige gevallen	0	1
<p>OPMERKING 1 Zowel geïsoleerde als ongeïsoleerde vloeren direct op de grond zonder randisolatie, (verticale randisolatie, of horizontale isolatie van de rand groter dan de rest van de isolatie van de vloer) vallen onder 'alle overige gevallen'.</p> <p>OPMERKING 2 Deze tabel is ontleend aan tabel F.2 van NEN-EN-ISO 13370.</p>		

D.2.2 Periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt door variatie van de binnen- en buitentemperatuur

D.2.2.1 Algemeen

De periodieke warmtetransmissiecoëfficiënten zijn gerelateerd aan de periodieke penetratiediepte. De periodieke penetratiediepte δ is gedefinieerd als de diepte waar de temperatuuramplitude met een factor 0,37 ($= e^{-1}$) is gedaald.

Voor de berekening van periodieke warmtetransmissiecoëfficiënten H_{pi} en H_{pe} moet worden gerekend met een periodieke penetratiediepte $\delta = 3 \text{ m}$.

D.2.2.2 Vloer op of boven het maaiveld, direct op de ondergrond

De periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt door variatie van de binnentemperatuur, H_{pi} in W/K voor vloeren direct op de ondergrond volgt uit:

$$H_{pi} = A_i \times \frac{\lambda_{gr}}{d_{f,eq}} \times \sqrt{\frac{2}{\left(1 + \delta / d_{f,eq}\right)^2 + 1}} \quad (D.5)$$

OPMERKING 1 De formule (D.5) is overeenkomstig H.4.1 van NEN-EN-ISO 13370.

waarin:

A_i is de binnenwerkse oppervlakte van de vloer van rekenzone i, in m^2 ;

$d_{f,eq}$ is de totale equivalente dikte van de vloer bepaald volgens 8.3.2.3, in m;

δ is de periodieke penetratiediepte, overeenkomstig D.2.2.1, in m;

λ_g warmtegeleidingscoëfficiënt van de ondergrond, ontleend aan 8.3.2.4.1, in W/(m·K).

Maak voor de bepaling van de periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt door variatie van de buitentemperatuur H_{pe} , in W/K voor een vloer op of boven het maaiveld direct op de ondergrond onderscheid in de volgende situaties:

a) vloer zonder isolatie of geheel met isolatie

$$H_{pe} = 0,37 \times P \times \lambda_g \times \ln \left(\frac{\delta}{d_{f,equi}} + 1 \right) \quad (D.6)$$

OPMERKING 2 De formule (D.6) is overeenkomstig F.4.2 van NEN-EN-ISO 13370.

b) vloer met randisolatie

— vloer waarbij isolatie aan de randzone dikker is dan in het midden:

$$H_{pe} = 0,37 \times P \times \lambda \times \left[\left(1 - e^{-(d_{f,equi}/\delta)} \right) \ln \left(\frac{\delta}{d_{f,equi} + d'} + 1 \right) + e^{-(2 \times d_{f,equi}/\delta)} \times \ln \left(\frac{\delta}{d_{f,equi}} + 1 \right) \right] \quad (D.7)$$

— vloer met verticale isolatie ter plaatse van vloerrand (of fundering):

$$H_{pe} = 0,37 \times P \times \lambda_g \times \left[\left(1 - e^{-(d_{f,equi}/\delta)} \right) \ln \left(\frac{\delta}{d_{f,equi} + d'} + 1 \right) + e^{-(d_{f,eq}/\delta)} \times \ln \left(\frac{\delta}{d_{f,equi}} + 1 \right) \right] \quad (D.8)$$

OPMERKING 3 De formules (D.7) en (D.8) zijn overeenkomstig F.5.2 van NEN-EN-ISO 13370.

waarin:

P is de perimeter, zijnde de som van de lengtes (ℓ) van de randen van de opgaande wanddelen (j) die grenzen aan de buitenlucht of aan een onverwarmde ruimte buiten

de thermische schil, in m, waarbij $P = \sum_j \ell_j$, (zie 8.3.2.2);

λ_g is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de ondergrond, ontleend aan 8.3.2.4.1, in W/(m·K);

$d_{f,equi}$ is de totale equivalente dikte van de vloer bepaald volgens 8.3.2.3, in m;

δ is de periodieke penetratiediepte, ontleend aan D.2.2.1, in m;

d' is de dikte van de randisolatie, in m;

waarbij:

$$d' = \lambda_g \times \left(R_n - \frac{d_n}{\lambda_{gr}} \right) \quad (D.9)$$

met:

R_n is de warmteweerstand van de randisolatielaag, bepaald als R_{calc} overeenkomstig C.2, in (m²·K)/W;

d_n is de dikte van de randisolatielaag, in m.

OPMERKING 4 Ingeval de vloer zowel beschikt over extra isolatie van de randzone van het vloerveld (horizontaal) als over een verticale isolatie ter plaatse van de vloerrand (of fundering), dan behoort bij H_{pe} te worden uitgegaan van de kleinste van de onder b) bepaalde waarden.

D.2.2.3 Vloer van verwarmde kelder

De periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt in relatie tot de binnen- of buitentemperatuurvariaties over het jaar bestaat uit twee componenten: één gerelateerd aan de vloer van de kelder en één gerelateerd aan de aan de grond grenzende delen van de kelderwanden.

Bepaal de periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt in relatie tot de binnentemperatuurvariaties over het jaar, H_{pi} in W/K, voor een vloer van een verwarmde kelder met formule (D.10).

Bepaal de periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt in relatie tot de buitentemperatuurvariaties over het jaar, H_{pe} in W/K, voor een vloer van een verwarmde kelder met formule (D.11).

$$H_{pi} = A_{bf} \times \frac{\lambda_{gr}}{d_{bf;equi}} \times \sqrt{\frac{2}{(1 + \delta / d_{bf;equi})^2 + 1}} + z \times P \times \frac{\lambda_{gr}}{d_{bw;equi}} \times \sqrt{\frac{2}{(1 + \delta / d_{bw;equi})^2 + 1}} \quad (D.10)$$

OPMERKING 1 De formule (D.10) is overeenkomstig F.7.1 van NEN-EN-ISO 13370.

$$H_{pe} = 0,37 \times P \times \lambda_{gr} \times \left[2 \times (1 - e^{-z/\delta}) \times \ln \left(\frac{\delta}{d_{bw;equi}} + 1 \right) + e^{-z/\delta} \times \ln \left(\frac{\delta}{d_{bf;equi}} + 1 \right) \right] \quad (D.11)$$

OPMERKING 2 De formule (D.11) is overeenkomstig H.7.2 van NEN-EN-ISO 13370.

waarin:

- A_{bf} is de binnenwerkse oppervlakte van de vloer van de kelder (bf), in m²;
- λ_g is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de ondergrond, ontleend aan 8.3.2.4.1, in W/(m·K);
- $d_{bf;equi}$ is de totale equivalente dikte van de keldervloer (bf), bepaald volgens 8.3.2.3, in m;
- δ is de periodieke penetratiediepte, ontleend aan D.2.2.1, in m;
- z is de verticale afstand tussen het maaiveld en de bovenzijde van de keldervloer, in m;

waarbij:

$$z = \frac{\sum_j (\ell_j \times z_j)}{\sum_j \ell_j} \quad (D.12)$$

$d_{bw;equi}$ is de equivalente dikte van de kelderwand (bw) bepaald volgens 8.3.2.3, in m;

P is de perimeter, zijnde de som van de lengtes (ℓ) de van de randen van kruipruimte- of keldervloer voor zover de opgaande wanden (j) boven het maaiveld grenzen aan de buitenlucht of aan een onverwarmde ruimte buiten de thermische schil, in m, waarbij $P = \sum_j \ell_j$, (zie 8.3.2.2);

D.2.2.4 Vloer boven kruipruimte

De periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt in relatie tot de binnentemperatuurvariaties over het jaar, H_{pi} in W/K, voor een vloer boven een kruipruimte volgt uit:

$$H_{pi} = A \times \left[\frac{1}{U_f} + \frac{1}{\lambda_g / \delta + U_x} \right]^{-1} \quad (D.13)$$

OPMERKING 1 Formule (D.13) is overeenkomstig F.6.2 van NEN-EN-ISO 13370.

Bepaal de periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt in relatie tot de buitentemperatuurvariaties over het jaar, H_{pe} in W/K, voor een vloer boven een kruipruimte met:

$$H_{pe} = U_f \times \frac{0,37 \times P \times \lambda_g \times \ln(\delta / d_{bf,equi} + 1) + U_x \times A_f}{\lambda_g / \delta + U_x + U_f} \quad (D.14)$$

OPMERKING 2 Formule (D.14) is overeenkomstig H.6.3 van NEN-EN-ISO 13370.

waarin:

- A_f is de binnenwerkse oppervlakte van de vloer (f), in m²;
- $d_{bf,equi}$ is de totale equivalente dikte van de kruipruimtevloer bepaald volgens 8.3.2.3, in m;
- P is de perimeter, zijnde de som van de lengtes (ℓ_j) van de randen van de kruipruimte- of keldervloer voor zover de opgaande wanden (j) boven het maaiveld grenzen aan de buitenlucht, of aan een onverwarmde ruimte buiten de thermische schil, in m;
- U_f is de warmtedoorgangscoefficiënt van de vloerconstructie boven de kruipruimte, bepaald volgens 8.3.3.1, in W/(m²·K);
- λ_g is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de ondergrond, ontleend aan 8.3.2.4.1, in W/(m·K);
- δ is de periodieke penetratiediepte, ontleend aan D.2.2.1, in m;
- U_x is de equivalente transmissiecoëfficiënt tussen de kruipruimte en de buitenlucht, waarin de warmtestroom van de boven het maaiveld gelegen (delen van) wanden en waarin de ventilatie zijn verrekend, bepaald volgens [7.5.48.3.5.4](#), in W/(m²·K).

D.2.2.5 Vloer boven onverwarmde kelder

Bepaal de periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt in relatie tot de binnentemperatuurvariaties over het jaar, H_{pi} in W/K, voor een vloer boven een onverwarmde kelder met:

$$H_{pi} = \left[\frac{1}{A_f \times U_f} + \frac{1}{(A_f + z \times P) \times \frac{\lambda_g}{\delta} + h \times P \times U_{x;T} + 0,33 \times n \times V} \right]^{-1} \quad (D.15)$$

OPMERKING 1 Formule (D.15) is ontleend aan F.8.1 van NEN-EN-ISO 13370.

Bepaal de periodieke warmtetransmissiecoëfficiënt in relatie tot de buitentemperatuurvariaties over het jaar, H_{pe} in W/K, voor een vloer boven een onverwarmde kelder met:

$$H_{pe} = A_f \times U_f \times \frac{0,37 \times P \times \lambda_g \times (2 - e^{-(z/\delta)}) \times \ln(\delta/d_{bf,equi} + 1) + h \times P \times U_{x;T} + 0,33 \times n \times V}{(A_f + z \times P) \times \lambda_g / \delta + h \times P \times U_{x;T} + 0,33 \times n \times V + A_f \times U_f} \quad (D.16)$$

OPMERKING 2 Formule (D.16) is ontleend aan F.8.2 van NEN-EN-ISO 13370.

waarin:

A_f is de binnenwerkse oppervlakte van de vloer boven de onverwarmde kelder (bf), in m²;

$d_{bf,equi}$ is de totale equivalente dikte van de vloer (bf), bepaald volgens 8.3.2.3, in m;

h is de hoogte van de bovenkant van de beganegrondvloer boven het maaiveld, in m;

$$\text{waarbij } h = \frac{\sum_j (\ell_j \times h_j)}{\sum_j \ell_j} \quad (D.17)$$

P is de perimeter, zijnde de som van de lengtes (ℓ) de van de randen van kruipruimte- of keldervloer voor zover de opgaande wanden (j) boven het maaiveld grenzen aan de buitenlucht of aan een onverwarmde ruimte buiten de thermische schil, in m, waarbij $P = \sum_j \ell_j$, (zie 8.3.2.2);

U_f is de warmtedoorgangscoefficiënt van de vloerconstructie boven de onverwarmde kelder (f), bepaald volgens 8.3.3.1, in W/(m²·K);

$U_{x;T}$ is de warmtedoorgangscoefficiënt van de wand van de kruipruimte of van de onverwarmde kelder (bw), voor zover gelegen boven het maaiveld, bepaald volgens 8.3.2.1, in W/(m²·K);

z is de verticale afstand tussen het maaiveld en de bovenzijde van de kruipruimte- of keldervloer, in m;

$$\text{waarbij } z = \frac{\sum_j (\ell_j \times z_j)}{\sum_j \ell_j} \quad (D.18)$$

δ is de periodieke penetratiediepte, ontleend aan D.2.2.1, in m;

λ_g is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de ondergrond, ontleend aan 8.3.2.4.1, in W/(m·K);

n is het ventilatievoud, in ventilatiewisselingen per h van de onverwarmde kelder; forfaitair mag voor n de waarde 0,3 worden gebruikt;

OPMERKING 3 Dit kan alleen bij onverwarmde ruimten.

V is het volume van de onverwarmde kelder(s), in m³.