

Bijlage E (normatief)

Bepaling van de rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt respectievelijk warmteweerstand van bouwmaterialen

E.1 Algemeen

Voor de berekening van de warmtetransmissie worden warmtegeleidingscoëfficiënten en/of warmteweerstanden van isolatiematerialen en –producten omgerekend naar waarden representatief voor de temperatuur- en vochtcondities en convectie van de desbetreffende praktijktoepassing.

De te hanteren rekenwaarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt, λ_{calc} , en de warmteweerstand, R_{calc} , worden berekend vanuit de gedeclareerde waarden (λ_D en/of R_D) dan wel forfaitaire waarden (λ_{for} en/of R_{for}) overeenkomstig E.2.

Is de warmtegeleidingscoëfficiënt λ , in $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, bekend, dan kan hieruit voor een product met de nominale dikte, d_N , in m, van dat product de warmteweerstand, R , in $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$, worden berekend met:

$$R = \frac{d_N}{\lambda} \quad (\text{E.1})$$

Omgekeerd kan bij een bekende warmteweerstand en nominale dikte van een product de warmtegeleidingscoëfficiënt worden berekend:

$$\lambda = \frac{d_N}{R} \quad (\text{E.2})$$

OPMERKING Voor de bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt U_c en warmteweerstand R_c , volgens hoofdstuk 8, moeten de rekenwaarden van de warmtegeleidingscoëfficiënt, λ_{calc} , en/of de warmteweerstand R_{calc} , van een constructieonderdeel – voor zover van toepassing – worden gecorrigeerd voor puntvormige thermische bruggen, zoals bevestigingsmiddelen van spouwisolatie en dakbedekkingsconstructies. In 8.2.2.2.2 worden hiervoor toeslagfactoren (ΔU) gegeven.

E.2 Rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt en/of warmteweerstand

E.2.1 Rekenwaarden van de warmtegeleidingscoëfficiënt en/of warmteweerstand

E.2.1.1 Bepaling rekenwaarde warmtegeleidingscoëfficiënt, λ_{calc} , en warmteweerstand, R_{calc}

OPMERKING 1 Deze hieronder gegeven bepalingsmethode voor de rekenwaarden van de warmtegeleidingscoëfficiënt, λ_{calc} , resp. warmteweerstand, R_{calc} , is van toepassing op homogene, vlakke bouwmaterialen exclusief ramen en kozijnen.

De rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt, λ_{calc} , in $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, respectievelijk van de warmteweerstand, R_{calc} , in $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$, wordt bepaald volgens:

a) voor isolatiematerialen en voor reflecterende folies

$$\lambda_{\text{calc}} = \lambda_{\text{D}} \times F_{\text{T}} \times F_{\text{M}} \times F_{\text{A}} \times F_{\text{conv}} \quad (\text{E.3})$$

$$R_{\text{calc}} = \frac{R_{\text{D}}}{(F_{\text{T}} \times F_{\text{M}} \times F_{\text{A}} \times F_{\text{conv}})} \quad (\text{E.4})$$

waarin:

λ_{D} is de waarde van de gedeclareerde warmtegeleidingscoëfficiënt, bepaald volgens E.2.2, in W/(m·K);

OPMERKING 2 In afwijking hiervan kan λ_{for} voor isolatiematerialen, waar nodig gecorrigeerd overeenkomstig formules (E.3) of (E.4), worden ontleend aan tabel E.10, of tabel E.11.

R_{D} is de waarde van de gedeclareerde warmteweerstand, bepaald volgens E.2.2, in (m²·K)/W;

OPMERKING 3 In afwijking hiervan kan R_{for} voor reflecterende folies worden ontleend aan tabel E.13.

F_{T} is een conversiefactor voor de invloed van de temperatuur bepaald volgens E.2.1.2;

F_{M} is een conversiefactor voor vochtinvloeden bepaald volgens E.2.1.3;

F_{A} is een conversiefactor voor veroudering met de waarde 1 voor fabrieksmatig vervaardigde isolatiematerialen. Ontleen voor de niet-fabrieksmatig vervaardigde isolatiematerialen de waarde aan E.2.1.4;

F_{conv} is een correctiefactor voor de invloed van convectie bepaald volgens E.2.1.5.

OPMERKING 4 De formules (E.3) en (E.4) zijn betrokken op 7.1 van NEN-EN-ISO 6946; op basis van die norm is in formules (E.3) en (E.4) de factor F_{conv} opgenomen.

b) voor metselwerk

De rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt voor metselwerk wordt bepaald door een aan de oppervlakte gerelateerde weging van de rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt van de voeg en die van metselstenen en -blokken:

$$\lambda_{\text{calc}} = \frac{(A_{\text{voeg}} \times \lambda_{\text{calc,voeg}} + A_{\text{steen}} \times \lambda_{\text{calc,steen}})}{(A_{\text{voeg}} + A_{\text{steen}})} \quad (\text{E.5})$$

waarin:

A_{voeg} is de oppervlakte van voegen binnen het metselwerk, in m²;

$\lambda_{\text{calc,voeg}}$ is de rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt van de voegen, bepaald volgens formule (E.3);

A_{steen} is de oppervlakte van metselstenen of -blokken binnen het metselwerk, in m²;

$\lambda_{\text{calc,steen}}$ is de rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt van metselstenen of -blokken, bepaald volgens formule (E.3).

Voor metselwerk met voegen met een voegdikte $d_{\text{voeg}} \leq 3$ mm (zogenoemde lijmvoegen) mag het effect van de voegen worden verwaarloosd, zodat $\lambda_{\text{calc}} = \lambda_{\text{calc,steen}}$;

OPMERKING 5 In afwijking hiervan kan de λ_{calc} voor metselwerk ook worden ontleend aan tabel E.14 t.m. tabel E.17.

c) voor overige materialen

$$\lambda_{\text{calc}} = \lambda_{\text{D}} \times F_{\text{MA}} \quad (\text{E.6})$$

waarin:

λ_{D} is de waarde van de gedeclareerde warmtegeleidingscoëfficiënt, bepaald volgens E.2.2.2.4, in $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$;

OPMERKING 6 In afwijking hiervan kan λ_{for} voor overige materialen toegepast in ramen en kozijnen worden ontleend aan bijlage F.

F_{MA} is een conversiefactor voor de invloed van vocht en veroudering, ontleend aan tabel E.1.

Tabel E.1 — Conversiefactor voor de invloed van vocht en veroudering voor overige materialen

Materiaal	ρ_{mat} kg/m^3	F_{MA} –
Anorganische materialen zoals grindbeton, beton met lichte toeslag, los gestorte minerale materialen, met uitzondering van glas en metselstenen en -blokken	2 500	1,25
	2 300	1,25
	2 100	1,25
	1 900	1,25
	1 600	1,30
	1 300	1,30
	1 000	1,35
	700	1,40
	400	1,40
Glas	2 500	1,00
Organische materialen, al dan niet met bindmiddel (met uitzondering van kunststoffen)	1 000	1,20
	700	1,20
	500	1,20
	≤ 400	1,25
Kunststoffen	1 500	1,00

E.2.1.2 Conversiefactor voor de temperatuur, F_{T}

Overeenkomstig 7.2 van NEN-EN-ISO 10456 wordt de temperatuurconversiefactor, F_{T} , voor de omrekening van de warmtegeleidingscoëfficiënt, λ_{D} , en warmteweerstanden, R_{D} , van een bepaalde temperatuurconditie T_1 naar een andere temperatuurconditie, T_2 , bepaald volgens:

$$F_{\text{T}} = e^{f_{\text{T}} \times (T_2 - T_1)} \quad (\text{E.7})$$

waarin:

f_{T} is de temperatuurconversiecoëfficiënt, ontleend aan bijlage A van NEN-EN-ISO 10456, in K^{-1} ;

$T_2 - T_1$ is het temperatuurverschil tussen beide condities, in $^{\circ}\text{C}$.

Een warmtegeleidingscoëfficiënt λ_D of warmteweerstand, R_D , wordt gegeven voor $T_1 = 10\text{ °C}$. In reguliere toepassingen in de Nederlandse bouwpraktijk zal de jaargemiddelde temperatuur in het isolatiemateriaal T_2 hoger zijn dan 5 °C en lager dan 20 °C . Bij $5\text{ °C} < T_2 < 20\text{ °C}$ volgt $0,95 < F_T < 1,05$. Om pragmatische redenen wordt daarom voor reguliere toepassingen in de Nederlandse bouwpraktijk gehanteerd, $F_T = 1,00$.

Indien de over het jaar gemiddelde temperatuur in het (isolatie)materiaal, T_2 , kleiner is dan 5 °C of groter dan 20 °C , zoals bij koelhuizen en droogkamers, dan moet de conversiefactor worden berekend volgens formule (E.7).

E.2.1.3 Conversiefactor voor de vochtinvloeden, F_M

E.2.1.3.1 Principe

Overeenkomstig 7.2 van NEN-EN-ISO 10456 wordt de vochtgehalteconversiefactor, F_M , voor de omrekening van de warmtegeleidingscoëfficiënt, λ_D , en warmteweerstanden, R_D , van een bepaald vochtgehalte Ψ_1 , of u_1 , naar een ander vochtgehalte, Ψ_2 , of u_2 , bepaald volgens:

$$F_M = e^{f_\Psi \times (\Psi_2 - \Psi_1)} \quad (\text{E.8})$$

of met:

$$F_M = e^{f_u \times (u_2 - u_1)} \quad (\text{E.9})$$

waarin:

f_Ψ is de coëfficiënt voor vochtconversie voor het materiaal, ontleend aan tabel 4 van NEN-EN-ISO 10456, in m^3/m^3 ;

f_u is de vochtgehalteconversiecoëfficiënt voor het materiaal, ontleend aan tabel 4 van NEN-EN-ISO 10456, in kg/kg ;

$\Psi_2 - \Psi_1$ is het verschil in vochtgehalte in, m^3/m^3 ;

$u_2 - u_1$ is het verschil in vochtgehalte, in kg/kg .

De warmtegeleidingscoëfficiënt λ_D en warmteweerstand, R_D , worden gegeven voor droog materiaal ($\Psi_1 = 0\text{ m}^3/\text{m}^3$ of $u_1 = 0\text{ kg}/\text{kg}$).

E.2.1.3.2 Isolatiematerialen

Met uitzondering van toepassing van isolatiematerialen bij condities waar een hoog vochtgehalte van het materiaal niet kan worden uitgesloten zoals bij een omgekeerd dakconstructie en perimeterisolatie zal in de Nederlandse bouwpraktijk de gemiddelde vochtigheid van het (isolatie)materiaal langdurig niet meer dan 10 % afwijken van het evenwichtsvochtgehalte behorende bij een relatieve vochtigheid van 50 %. Om pragmatische redenen mag daarom voor reguliere toepassingen in de Nederlandse bouwpraktijk worden gehanteerd $F_M = 1,00$.

Voor een omgekeerd dakconstructie en perimeterisolatie wordt de conversiefactor ontleend aan tabel E.2, dan wel berekend overeenkomstig E.2.1.3.1 op basis van de rekenwaarden uit tabel 4 van NEN-EN-ISO 10456.

OPMERKING Uitgangspunt voor de in tabel E.2 gegeven tabelwaarden is een beperkte wateropname door onderdompeling ($Wip \leq 3,0 \text{ kg/m}^2$, bepaald volgens NEN-EN 12087) en een voldoende dimensionele stabiliteit ($\Delta \epsilon l \leq 1 \%$ en $\Delta \epsilon b \leq 1 \%$ bepaald volgens NEN-EN 1603).

Tabel E.2 — Conversiefactoren voor vochtinvloeden bij toepassing in omgekeerd dak of perimeterisolatie

Toepassing	F_M [-]	
Perimeter		
Algemeen	1,25	
Geëxtrudeerd polystyreen (XPS) uitgevoerd met volledige verlijming	1,00	
Geëxtrudeerd polystyreen (XPS) uitgevoerd met puntsgewijze verlijming	1,02	
Omgekeerd dak		
Algemeen	1,25	
Geëxtrudeerd polystyreen (XPS) uitgevoerd met grind, tegels op tegel dragers of mortellaag	Afschot $\leq 1 \%$	1,04
	Afschot $> 1 \%$	1,02
Geëxtrudeerd polystyreen (XPS) uitgevoerd als tuindak	1,07	

E.2.1.3.3 Reflecterende folies

De correctiefactor voor vochtinvloeden van reflecterende folies is $F_M = 1,00$.

E.2.1.3.4 Metselwerk

De correctiefactoren voor vochtinvloeden van metselstenen en -blokken en mortel worden ontleend aan tabel E.3 respectievelijk tabel E.4.

Tabel E.3 — Conversiefactoren voor vochtinvloeden van metselstenen en -blokken

Materiaal	$\Psi_2 - \Psi_1$ –		f_{Ψ}^a –	F_M –	
	Droog binnenmilieu	Overige toepassingen		Droog binnenmilieu	Overige toepassingen
Baksteen	0,007	0,070	10	1,07	2,01
Cellenbeton	0,020	0,040 ^b	4	1,08	1,17 ^b
Kalkzandsteen	0,013	0,070	10	1,14	2,01
Betonsteen	0,030	0,070	4	1,13	1,32

a	Ontleend aan bijlage A van NEN-EN 1745.
b	Aangenomen dat de buitenzijde is beschermd met een vochtdichte (verf)laag.

Tabel E.4 — Conversiefactoren voor vochtinvloeden van mortel

Materiaal	$\Psi_2 - \Psi_1$ –		f_{Ψ} ^a –	F_M –	
	Droog binnenmilieu	Overige toepassingen		Droog binnenmilieu	Overige toepassingen
Mortel	0,040	0,150	4	1,17	1,82
^a Ontleend aan tabel 4 van NEN-EN-ISO 10456.					

E.2.1.4 Conversiefactor voor de veroudering, F_A

E.2.1.4.1 Isolatiematerialen

Als gevolg van veroudering kan de thermische prestatie van bepaalde materialen afnemen. Of veroudering een rol speelt, is afhankelijk van de aard en samenstelling van het materiaal. Afname van de thermische prestatie door veroudering ontstaat onder meer door verlies in dikte, inhomogeniteit als gevolg van zetting van in situ vervaardigde isolatielagen en – bij met blaasmiddelen vervaardigde isolatieproducten – door verlies van celgas uit het materiaal en de gasdoorlatendheid van eventuele afdekkingen ('facings') en/of verlies in emissiviteit van reflecterende lagen. NEN-EN-ISO 10456 geeft geen algemene regels voor het bepalen van een conversiefactor voor veroudering.

OPMERKING 1 Het aspect van vermindering van de thermische prestatie van (isolatie)materialen door veroudering wordt – voor zover van toepassing – betrokken op de helft van de beoogde levensduur van het gebouw. Voor de beoogde levensduur van een gebouw wordt doorgaans 50 jaar gehanteerd.

Voor niet-fabrieksmatig, in-situ vervaardigde isolatielagen wordt de conversiefactor voor veroudering, F_A , opgesplitst in een aan de in-situ toepassing van het product gerelateerd deel, $F_{A;iso}$, en een aan de constructie waarin het product wordt toegepast gerelateerd deel, $F_{A;appl}$, waarvoor geldt:

$$F_A = F_{A;iso} \times F_{A;appl} \quad (E.10)$$

en waarbij de factoren $F_{A;iso}$ en $F_{A;appl}$ worden ontleend aan tabel E.5.

Tabel E.5 — Conversiefactoren voor de veroudering van niet-fabrieksmatig in situ vervaardigde isolatielagen

Product	$F_{A;iso}$ ^a –	$F_{A;appl}$ –	
		Situatie	
		A	B
Glas-/steenwolvlokken (MW)	1,05	1,00	1,15
Geëxpandeerd polystyreen (EPS-parels)	1,05		

Polyurethaan-/polyisocyanuraat-hardschuim (PU)		1,10 ^b		
Ureumformaldehydeschuim (UF)		1,25		
Overig		1,30 ^c		
Situatie	Omschrijving toepassing			
A	Nieuwbouw; constructie speciaal ontworpen om thermisch nageïsoleerd te worden met in-situ-isolatieproducten; Na te isoleren constructie is overzichtelijk, beheersbaar, schoon en vrij van obstakels, speciebaarden e.d.			
B	Bestaande bouw; Na te isoleren constructie is onoverzichtelijk, onbeheersbaar, heeft gebreken en/of mogelijke vervuiling aan de onderzijde van de vloer, bevat mogelijk obstakels, leidingen en/of speciebaarden e.d.			
<p>^a Waarden zijn van toepassing op een gedeclareerde warmtegeleidingscoëfficiënt, λ_D, of warmteweerstand, R_D, bepaald overeenkomstig de in E.2.2.2.1 genoemde (ontwerp)productnormen, of, wanneer er voor het desbetreffende product geen (ontwerp)productnorm aanwezig is, overeenkomstig E.2.2.2.4.</p> <p>^b Wanneer voor de desbetreffende toepassing een gedeclareerde warmtegeleidingscoëfficiënt, λ_D, of warmteweerstand, R_D, is bepaald met een op de praktijktoepassing gerichte beproevingsmethode (bijvoorbeeld met een gekalibreerde en afgeschermd warmtekast overeenkomstig NEN-EN-ISO 8990 aan een proefstuk, voldoende groot en representatief gelet te verwachten onregelmatigheden in de vulling) en met inachtneming van 'veroudering' als bedoeld in de gerelateerde productnormen, geldt $F_{A,iso} = 1,05$.</p> <p>^c Voor een product dat aantoonbaar (zulks ter beoordeling van een geaccrediteerde, certificerende instantie) een bij toepassing vergelijkbaar gedrag heeft als de in het bovenstaande genoemde producten (MW, EPS, PU, UF) mag de $F_{A,iso}$-waarde van het vergelijkbare product worden gebruikt. Voor overige producten met een in de praktijk over een periode van ten minste twee jaar bewezen toepassing, kan de $F_{A,iso}$-waarde aan statistisch voldoende praktijkmetingen bij afzonderlijke projecten worden ontleend, waarbij $F_{A,iso} \geq 1,05$.</p>				

E.2.1.4.2 Reflecterende folies

De correctiefactoren voor veroudering van reflecterende folies is $F_A = 1,00$.

OPMERKING De correctie voor veroudering van reflecterende folies door de afname van de emissiviteit van de reflecterende lagen door stofinvloed en/of corrosie is verwerkt in de emissiviteit, zie ook C.3.5.

E.2.1.4.3 Metselwerk

De correctiefactoren voor veroudering van metselwerk is $F_A = 1,00$.

E.2.1.5 Correctiefactor voor convectie, F_{conv}

De mate van vrije convectie in een isolatiemateriaal met een open structuur hangt af van de luchtdoorlatendheid, de dikte en het temperatuurverschil van het isolatiemateriaal. De drijvende kracht voor vrije convectie wordt beschreven met het dimensieloze, 'gemodificeerde' rayleighgetal, Ra_m , gedefinieerd als:

$$Ra_m = 3 \times 10^6 \times \left(\frac{(d \times k \times \Delta T)}{\lambda} \right) \quad (E.11)$$

OPMERKING 1 Zie 7.5 van NEN-EN-ISO 10456 voor de formele definitie van het gemodificeerde rayleighgetal.

Waarin:

ΔT is het temperatuurverschil over de isolatie, in K;

d is de dikte van de isolatie, in m;

k is de luchtdoorlatendheid van de isolatie, in m²;

OPMERKING 2 De luchtdoorlatendheid k kan worden bepaald uit het quotiënt van de dynamische viscositeit van lucht η , in kg/(m·s), en de luchtstromingsweerstand r , in (Pa·s)/m², bepaald overeenkomstig NEN-ISO 9053.

λ is de warmtegeleidingscoëfficiënt van de isolatie zonder vrije convectie, in W/(m·K).

Als het gemodificeerde rayleighgetal, Ra_m , niet groter is dan de kritische rayleighwaarde, $Ra_{m;kritisch}$, in tabel E.6, bedraagt de correctiefactor voor de invloed van vrije convectie: $F_{conv} = 1,00$.

Er bestaan op dit moment geen algemeen geaccepteerde procedures om het effect van vrije convectie in isolatiematerialen te bepalen. Indien Ra_m de grenswaarde in tabel E.6 overschrijdt, zijn gedetailleerde analyses of metingen nodig om het effect van vrije convectie te kwantificeren.

Tabel E.6 — Kritische waarden voor het gemodificeerde rayleighgetal

Richting van de warmtestroom	$Ra_{m;kritisch}$
	–
Horizontaal	2,5
Omhoog, bovenoppervlak open	15
Omhoog, bovenoppervlak beschermd (niet-luchtdoorlatend)	30
OPMERKING Voor tussenliggende hoeken kan het gemodificeerde rayleighgetal door lineaire interpolatie op basis van $\cos \theta$ worden bepaald, waarbij voor een horizontale warmtestroom geldt: $\theta = 0^\circ$.	

E.2.2 Waarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt en/of warmteweerstand

E.2.2.1 Algemeen

OPMERKING 1 Isolatiematerialen zijn materialen waarvan de warmtegeleidingscoëfficiënt onder genormeerde condities kleiner is dan of gelijk is aan 0,100 W/(m·K). Voor andere bouwmaterialen is de warmteweerstand niet de primaire eigenschap van het product, alhoewel ook deze een goede bijdrage aan de warmteweerstand van een scheidingsconstructie kunnen leveren.

OPMERKING 2 De waarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt van isolatiematerialen, λ_D , is onderwerp van regeling van de CE-markering onder de Richtlijn bouwproducten.

E.2.2.2 Gedeclareerde waarden van de warmtegeleidingscoëfficiënt en de warmteweerstand

E.2.2.2.1 Isolatiematerialen

Voor de navolgende isolatieproducten wordt de warmtegeleidingscoëfficiënt, λ_D , in $W/(m \cdot K)$, en/of de warmteweerstand, R_D , in $(m^2 \cdot K)/W$, bepaald overeenkomstig 4.2.1 resp. 5.3.2 van de desbetreffende isolatieproductnormen.

Tabel E.7 — Overzicht van geharmoniseerde productnormen voor isolatiematerialen

Fabrieksmatig vervaardigde isolatielagen

NEN-EN 13167	<i>Cellulaire glasproducten (CG)</i>
NEN-EN 13166	<i>Fenolformaldehyde- of resolproducten (PF)</i>
NEN-EN 13170	<i>Geëxpandeerde kurkproducten (ICB)</i>
NEN-EN 13169	<i>Geëxpandeerde perlietproducten (EPB)</i>
NEN-EN 13163	<i>Geëxpandeerde polystyreenproducten (EPS)</i>
NEN-EN 13164	<i>Geëxtrudeerde polystyreenproducten (XPS)</i>
NEN-EN 13171	<i>Houtvezelproducten (WF)</i>
NEN-EN 13168	<i>Houtwolproducten (WW)</i>
NEN-EN 13162	<i>Mineralewolproducten (MW)</i>
NEN-EN 16069	<i>Polyethyleenschuimproducten (PEF)</i>
NEN-EN 13165	<i>Polyurethaanhardschuim (PUR) en polyisocyanuraathardschuim (PIR) producten (PU)</i>
NEN-EN 14306	<i>Materialen voor de thermische isolatie van gebouwen- en industriële installaties – Fabrieksmatig vervaardigde producten van calciumsilicaat (CS) - Specificatie</i>

Voor de in-situvervaardiging van isolatielagen in diverse materialen zijn geharmoniseerde normen voor productspecificaties (deel 1) en niet-geharmoniseerde normen voor installatie (deel 2) opgesteld of als normontwerp gepubliceerd. In tabellen E.8 en E.9 wordt een overzicht gegeven van de desbetreffende normen. Voor de isolatieproducten voor de in-situvervaardiging van isolatielagen waarvoor normen zijn vastgesteld wordt de warmtegeleidingscoëfficiënt, λ_D , in $W/(m \cdot K)$, en/of de warmteweerstand, R_D , in $(m^2 \cdot K)/W$, bepaald overeenkomstig 4.2.1 resp. 5.3.2 van de desbetreffende normen.

OPMERKING 1 Een productnorm is geharmoniseerd wanneer deze is geaccepteerd door het Standing Committee for Construction (EU).

OPMERKING 2 De normtitels in tabellen E.8 en E.9 zijn verkort weergegeven

Tabel E.8 — Overzicht van geharmoniseerde productnormen voor niet-fabrieksmatige in-situvervaardiging van isolatielagen

Niet-fabrieksmatig, in situ vervaardigde isolatielagen

NEN-EN 14315-1	<i>Gespoten hard polyurethaan- (PUR) en polyisocyanuraat- (PIR) schuim – Deel 1: Specificatie voor het gespoten hardschuimsysteem vóór installatie</i>
NEN-EN 14316-1	<i>Geëxpandeerd perliet (EP) – Deel 1: Specificatie voor gelijkde en los gestorte producten vóór de installatie</i>
NEN-EN 14317-1	<i>Geëxfolieerd vermiculiet (EV) – Deel 1: Specificatie voor gelijkde en los gestorte producten vóór de installatie</i>
NEN-EN 14318-1	<i>Gegoten hard polyurethaan- (PUR) en polyisocyanuraat- (PIR) schuim – Deel 1: Specificatie voor het gegoten hardschuimsysteem vóór installatie</i>
NEN-EN 14063-1 NEN-EN14063-1/C1	<i>Geëxpandeerd lichtgewicht kleiprodukten (LWA) – Deel 1: Specificatie voor los gestorte producten vóór de installatie</i>
NEN-EN 14064-1	<i>Minerale wolproducten – Deel 1: Specificatie voor los gestorte producten vóór de installatie</i>
NEN-EN 15100-1	<i>Ureumformaldehydeschuim (UF) – Deel 1: Specificatie voor het schuimsysteem vóór de installatie (in voorbereiding)</i>
NEN-EN 15101	<i>Thermische isolatieproducten voor gebouwen - In-situ gevormde los gestorte celluloseproducten (LFCI) - Deel 1: Specificatie voor de producten voor installatie</i>
<u>NEN-EN 16809-1:2019</u>	<i><u>Thermische isolatieproducten voor gebouwen – In-situ gevormde producten van los gestorte polystyreen (EPS) parels en gebonden polystyreen parels – Deel 1: Specificatie voor de gebonden en los gestorte producten vóór installatie</u></i>

Tabel E.9 — Overzicht van niet-geharmoniseerde productnormen voor geïnstalleerde niet-fabrieksmatige in situ vervaardigde isolatielagen

Niet geharmoniseerde productnormen voor geïnstalleerde niet-fabrieksmatig, in situ vervaardigde isolatielagen

NEN-EN 14063-2	<i>Geëxpandeerd lichtgewicht kleiprodukten – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde producten</i>
NEN-EN 14064-2	<i>Los gestorte minerale wol- (MW) producten – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde producten</i>
NEN-EN 14315-2	<i>Gespoten hard polyurethaan- (PUR) en polyisocyanuraat- (PIR) schuim – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde producten</i>
NEN-EN 14316-2	<i>Geëxpandeerd perliet (EP) – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde producten</i>

NEN-EN 14317-2	<i>Geëxfolieerd vermiculiet (EV) – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde producten</i>
NEN-EN 14318-2	<i>Gegoten hard polyurethaan- (PUR) en polyisocyanuraat- (PIR) schuim – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde isolatieproducten</i>
NEN-EN 15101-2	<i>Los gestorte celluloseproducten (LFCI) – Deel 2: Specificatie voor de geïnstalleerde producten</i>
<u>NEN-EN 16809-2:2017</u>	<u><i>Thermische isolatieproducten voor gebouwen - In-situ gevormde los gestorte producten van polystyreen (EPS) parels en gebonden polystyreen parels - Deel 2: Specificatie voor gebonden en los gestorte producten na installatie</i></u>

E.2.2.2.2 Reflecterende folies

Voor in isolatieproducten opgenomen reflecterende folies wordt de warmteweerstand, R_D , in $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$, ~~bepaald tot drie decimalen nauwkeurig, op basis van minimaal 10 meetwaarden, bepaald~~ overeenkomstig het minimaal aantal meetwaarden en de gegeven methode de invloegen NEN-EN 16012 ~~gegeven methode~~.

De gedeclareerde warmteweerstand R_D moet representatief zijn voor minimaal 90 % van de productie, met een betrouwbaarheid van 90 % ($R_{90/90}$ als bedoeld in bijlage J).

De waarde van de warmteweerstand R_D volgt uit de waarde van de warmteweerstand, $R_{90/90}$, door afronding naar beneden tot de dichtstbijzijnde 0,05 $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$.

E.2.2.2.3 Metselstenen, metselblokken en mortel

Voor metselstenen, -blokken en mortel wordt λ_D , in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, bepaald als de 90 %-waarde volgens 4.2.2 van NEN-EN 1745.

OPMERKING In NEN-EN 1745 wordt de bedoelde λ_D aangeduid als $\lambda_{10,\text{dry},\text{mat}}$.

De warmtegeleidingscoëfficiënt, λ_D , mag ook worden bepaald volgens 4.2.1 van NEN-EN 1745, met dien verstande dat van de tabelwaarden in bijlage A van NEN-EN 1745 de waarden uit de kolommen met $P = 90$ % worden gehanteerd.

E.2.2.2.4 Overige materialen

Voor andere dan de in E.2.2.2.1 t.m. E.2.2.2.3 bedoelde producten wordt de warmtegeleidingscoëfficiënt, λ_D , in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, en/of de warmteweerstand, R_D , in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, rekening houdend met de afrondingsregels en het minimale aantal meetwaarden volgens NEN-EN 10456, berekend overeenkomstig:

~~tot drie decimalen nauwkeurig berekend, op basis van minimaal 10 meetwaarden overeenkomstig:~~

- 1) voor proefstukken met een warmteweerstand $R \leq 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$:
 - hoofdstukken 4 t.m. 8 van NEN-EN 12664;
- 2) voor proefstukken met een warmteweerstand $R > 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$:
 - hoofdstukken 4 en 5 van NEN-EN 12939 voor dikke producten;
 - hoofdstukken 4 t.m. 8 van NEN-EN 12667 voor overige producten.

Metingen worden (voor zover relevant) uitgevoerd bij:

- 1) een gemiddelde referentietemperatuur van 10 °C;
- 2) een gemiddelde relatieve vochtigheid van 50 %.

De gedeclareerde warmtegeleidingscoëfficiënt λ_D en/of de warmteweerstand R_D moeten representatief zijn voor minimaal 90 % van de productie, met een betrouwbaarheid van 90 % ($\lambda_{90/90}$, resp. $R_{90/90}$, als bedoeld in bijlage J).

De waarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt, λ_D , volgt uit de waarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt, $\lambda_{90/90}$, door afronding naar boven naar de dichtstbijzijnde 0,001 (m²·K)/W. De waarde van de warmteweerstand R_D volgt uit de waarde van de warmteweerstand, $R_{90/90}$, door afronding naar beneden tot de dichtstbijzijnde 0,05 W/(m²·K).

E.2.2.3 Forfaitaire waarden van de warmtegeleidingscoëfficiënt en de warmteweerstand

E.2.2.3.1 Isolatiematerialen

OPMERKING 1 De navolgende tabelwaarden hebben betrekking op producten met een beperkte wateropname door onderdompeling ($W_{ip} \leq 3,0$ kg/m², bepaald volgens NEN-EN 12087) en een voldoende dimensionale stabiliteit ($\Delta\epsilon_l \leq 1$ % en $\Delta\epsilon_b \leq 1$ % bepaald volgens NEN-EN 1603).

OPMERKING 2 De in tabel E.10 voor nieuwe producten opgenomen waarden zijn betrokken op de laagste en hoogste waarde als vermeld in de familie van Europese technische specificaties (EOTA) of vrijwillige kwaliteitsverklaringen (KOMO-, CTG-, of CEN Keymark-certificaat), ongeacht de toepassing en andere factoren die van invloed zijn op de λ_{for} -waarde. De architect/ontwerper moet, gelet de door hem beoogde toepassing, in het bestek de voor die specifieke toepassing geldende λ -waarde gebruiken. De in tabel E.10 gegeven λ_{for} -waarden zijn bedoeld voor toepassing bij het bepalen van energielabels; het betreft gemiddeld representatieve waarden en niet bovenwaarden.

Tabel E.10 — Representatieve en forfaitaire waarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt van isolatiematerialen

Isolatiemateriaal ^b	Nieuwbouw ^a	Bestaande bouw ^b
	λ_D W/(m·K)	λ_{for} W/(m·K)
Minerale wol (MW)		
— glaswol (MWG) (platen en dekens)	0,030 – 0,044	0,040
— steenwol (MWR) (platen en dekens)	0,031 – 0,045	0,040
— glas-/steenwolvlokken: (in situ, los gestort)	0,034 – 0,045	0,045
Geëxpandeerd polystyreen (EPS) (plaat)	0,031 – 0,045	0,040
Geëxpandeerd polystyreen (EPS) (in situ, los gestort)		
— witte parels(los gestort en gebonden)	0,040 – 0,050	0,045
— grijze parels ^c (los gestort en gebonden)	0,035 – 0,045	0,035
Geëxtrudeerd polystyreen (XPS)	0,028 – 0,040	0,040
Polyurethaan (PUR)/polyisocyanuraat (PIR) hardschuim (platen)	0,023 – 0,029	0,030
Polyurethaan (PUR)/polyisocyanuraat (PIR) hardschuim (in situ, gespoten en gegoten)		
— hardschuim (geslotencelaandeel ≤ 80 % d)	0,040	0,045

— hardschuim (geslotencelaandeel > 80 % e)	0,030	0,035
Fenolformaldehyde of resol (PF)	0,021 – 0,025	0,030
Cellulair glas (CG)	0,038 – 0,050	0,045
Houtwol (WW)	–	0,100
Geëxpandeerd perliet (EPB)	0,052 – 0,055	0,050
Geëxpandeerde kurk (ICB)	–	0,050
Houtvezels (WF)	0,035 – 0,055	0,050
Ureumformaldehydeschuim (UF)	–	0,060
Cellulose (LFCi) (in situ, los gestort)	–	0,050
<p>^a Ter informatie; spreiding op basis van λ_D-waarden voor producten bij verschillende toepassingen.</p> <p>^b Ongeacht merk en type en exclusief de in E.2.1 gegeven correctiefactoren.</p> <p>^c Met grijze parels worden EPS-parels bedoeld waarbij tijdens het polymeriseren in de celwand koolstof/grafiet is toegevoegd.</p> <p>^d Geslotencel-aandeel ≤ 80 %; klasse CCC1 en CCC2 als bedoeld in tabel 2 van Ontw. NEN-EN 14315-1 (gespoten PU-schuim) of tabel 3 van Ontw. NEN-EN 14318-1 (gegoten PU-schuim).</p> <p>^e Geslotencelaandeel > 80 %; klasse CCC3 en CCC4 als bedoeld in tabel 2 van Ontw. NEN-EN 14315-1 (gespoten PU-schuim) of tabel 3 van NEN-EN 14318-1 (gegoten PU-schuim).</p>		

Tabel E.11— Forfaitaire waarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt van isolatiematerialen zonder geharmoniseerde productnormen

Isolatiemateriaal	λ_{for}^a W/(m·K)
Vlaswol	0,050
Schapenwol	0,050
Katoen	0,050
Kokos	0,055
Stro	0,060
Hennep	0,100
Turf	0,100
^a Exclusief de in E.2.1 gegeven correctiefactoren.	

Tabel E.12 — Forfaitaire waarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt van overige materialen, niet zijnde metselwerk

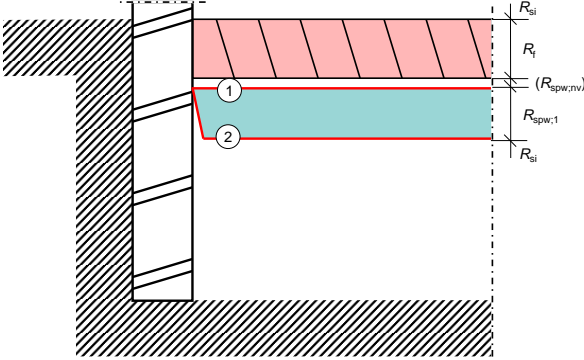
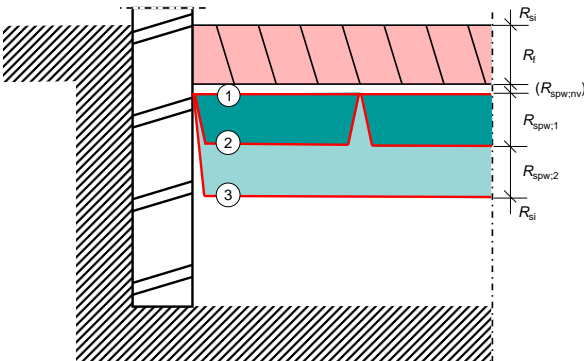
Materiaal	λ_{for} W/(m·K)
Cementgebonden geëxpandeerd perliet ^a	0,150
Cementgebonden geëxpandeerd polystyreen ^a	0,150
Kleikorrels ^a	0,300
Schelpen	0,200
Riet	0,200

^a Zie ook tabel E.8; omdat $\lambda_{D,for} > 0,100 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ worden deze producten in hoofdstuk 8 niet aangemerkt als isolatiemateriaal.
--

De rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt voor andere materialen dan isolatiematerialen en metselstenen en -blokken mag ook worden ontleend aan 8.3 van NEN-EN-ISO 10456.

E.2.2.3.2 Reflecterende folies

Tabel E.13 — Rekenwaarden voor de warmteweerstand van reflecterende folies (foliesystemen)

Isolatiemateriaal	R_{for} ($\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$)
Reflecterende folielaag (-lagen) ^a	$d/0,03$ ^{b c}
Reflecterende folie als cacherings	0,00 ^c
Horizontale foliesystemen met tussenliggende luchtlaag	
<p>— twee reflecterende folies met tussenliggende luchtlaag</p>  <p>twee folies (1,2) met een tussenliggende luchtlaag</p>	1,80 ^d
<p>— drie reflecterende folies met tussenliggende luchtlagen</p>  <p>drie folies (1, 2, 3) met twee tussenliggende luchtlagen</p>	2,90 ^d
<p>^a Bedoeld worden reflecterende folies bestaande uit maximaal 10 mm dikke 'bubbeltjesfolie' of meerdere door reflecterende lagen gescheiden luchtkussen-, schuim- of (kunst)vezellagen van maximaal 10 mm dikte per afzonderlijke laag, met aan beide buitenzijden een reflecterende laag.</p> <p>^b Hierin is d de minimale dikte van de isolerende laag zoals die bij het beoogd gebruik is gewaarborgd, in m, voor zover het materiaal bestaat uit meer dan één reflecterende folie en één of meer afzonderlijke tussenlagen van een ander materiaal.</p> <p>^c De vergroting van de warmteovergangsweerstand en van de extra warmteweerstand van aansluitende spouwen worden bepaald overeenkomstig NEN-EN-ISO 6946, of ontleend aan tabel C.2, resp. tabel C.3 of C.4.</p> <p>^d Berekend overeenkomstig bijlage B van NEN-EN-ISO 6946 en betrokken op $\varepsilon_1 = 0,10$ en $\varepsilon_2 = 0,10$ en een luchtlaag 1-2 van $d = 0,10$ m en – in geval van twee luchtlagen – een luchtlaag 2-3 van $d = 0,05$ m. De vergroting van de overgangsweerstand (hoogte kruipruimte, $z > 0,30$ m) en van de extra warmteweerstand van de kruipruimtespouw (hoogte kruipruimte, $z \leq 0,30$ m) worden bepaald overeenkomstig NEN-EN-ISO 6946, dan wel ontleend aan tabel C.2, resp. C.3 of C.4.</p>	

E.2.2.3.3 Metselwerk

OPMERKING De in de tabellen E.14 t.m. E.17 opgenomen λ -waarden gelden voor de in Nederland meest toegepaste metselstenen en -blokken met inbegrip van de in het metselwerk opgenomen voegen.

De warmtegeleidingcoëfficiënt volgens tabel E.14 t.m. E.17 moet nog worden afgerond volgens de in NEN-EN-ISO 10456 geldende regels:

- Als $\lambda \leq 0,08$: rond naar boven af op een veelvoud van $0,001 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$;
- Als $0,08 < \lambda \leq 0,20$: rond naar boven af op een veelvoud van $0,005 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$;
- Als $0,20 < \lambda \leq 2,00$: rond naar boven af op een veelvoud van $0,01 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$;
- Als $2,00 < \lambda$: rond naar boven af op een veelvoud van $0,1 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$.

Tabel E.14— Rekenwaarden voor de **warmteweerstand-warmtegeleidingscoëfficiënt** voor baksteen

ρ_{mat} kg/m ³	λ_D $P_{\text{rel}}=90\%$ W/(m·K)	λ_{calc} W/(m·K)			
		Lijmwerk, voegen < 3 mm		Metselwerk	
		Droog binnenmilieu	Overige toepassingen	Droog binnenmilieu	Overige toepassingen
600	0,150	0,160	0,300	0,190	0,320
700	0,180	0,190	0,360	0,220	0,380
800	0,210	0,220	0,420	0,260	0,440
900	0,240	0,260	0,480	0,300	0,500
1 000	0,270	0,290	0,540	0,340	0,570
1 100	0,300	0,320	0,600	0,380	0,630
1 200	0,330	0,350	0,660	0,420	0,700
1 300	0,360	0,390	0,720	0,460	0,760
1 400	0,400	0,430	0,800	0,510	0,850
1 500	0,430	0,460	0,860	0,540	0,910
1 600	0,470	0,500	0,940	0,600	0,990
1 700	0,510	0,550	1,030	0,650	1,080
1 800	0,550	0,590	1,110	0,700	1,160
1 900	0,600	0,640	1,210	0,760	1,270
2 000	0,640	0,680	1,290	0,810	1,350
2 100	0,690	0,740	1,390	0,870	1,460
2 200	0,740	0,790	1,490	0,940	1,560
2 300	0,790	0,850	1,590	1,000	1,670
2 400	0,840	0,900	1,690	1,070	1,780

Tabel E.15— Rekenwaarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt warmteweerstand voor beton(steen)

ρ_{mat} kg/m ³	λ_D $P_{0,05}=90\%$ W/(m·K)	λ_{calc} W/(m·K)	
		Droog binnenmilieu	Overige toepassingen
1 600	0,880	1,033	1,164
1 700	0,930	1,091	1,231
1 800	1,010	1,185	1,336
1 900	1,090	1,279	1,442
2 000	1,190	1,396	1,575
2 100	1,300	1,526	1,720
2 200	1,420	1,666	1,879
2 300	1,560	1,831	2,064
2 400	1,720	2,018	2,276

Tabel E.16 — Rekenwaarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt warmteweerstand voor kalkzandsteen

ρ_{mat} kg/m ³	λ_D ($P=90$) W/(m·K)	λ_{calc} W/(m·K)	
		Droog binnenmilieu	Overige toepassingen
1 750	0,76	0,870	1,530
1850	0,87	1,000	1,750
2200	1,37	1,570	2,760

Tabel E.17 —  Rekenwaarden voor de warmtegeleidingscoëfficiënt warmteweerstand voor cellenbeton

ρ_{mat} kg/m ³	λ_D $P_{0,05}=90\%$ W/(m·K)	λ_{calc} W/(m·K)	
		Droog binnenmilieu	Overige toepassingen
400	0,110	0,119	0,129
500	0,130	0,141	0,153
600	0,160	0,173	0,188
700	0,180	0,195	0,211
800	0,210	0,227	0,246

