

**TNO-rapport****TNO 2015 R10125****Bepaling  $R_{bf}$  en  $R_{bw}$  volgens NEN 1068:2012  
bij toepassing kruipruimte isolatie  
(Drowa chips en EPS-platen)****Gebouwde Omgeving**  
Van Mourik Broekmanweg 6  
2628 XE Delft  
Postbus 49  
2600 AA Delft[www.tno.nl](http://www.tno.nl)T +31 88 866 30 00  
F +31 88 866 30 10

Datum	10 maart 2015
Auteur(s)	ir. K. van Zundert
Exemplaarnummer	0100281899
Oplage	
Aantal pagina's	12 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	2
Opdrachtgever	Gebroeders De Vries bv Energieweg 6 9101 PM DOKKUM
Projectnaam	
Projectnummer	060.08501/01.09.01

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2015 TNO

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Nadere gegevens isolatiemateriaal.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Berekeningsmethode en overige uitgangspunten .....</b>	<b>5</b>
3.1	Berekeningsmethode.....	5
3.2	Uitgangspunten.....	5
<b>4</b>	<b>Resultaten .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Ondertekening .....</b>	<b>9</b>

### **Bijlage(n)**

A  $R_{bf}$  en  $R_{bw}$  conform NEN1068 [1]

B Literatuur

# 1 Inleiding

Door Gebroeders de Vries bv werd aan TNO de opdracht verstrekt de rekenwaarde voor de warmteweerstand van bodem/vloerconstructie ( $R_{bf}$ ) en de fundering ( $R_{bw}$ ) van een kruipruimte grenzend aan het grondpakket volgens NEN 1068 [1] te bepalen bij toepassing van isolatiemateriaal op de kruipruimte bodem en tegen de fundering.

Deze bepaling heeft als doel opname van de productgegevens in de databank gecontroleerde kwaliteitsverklaringen van BCRG (Bureau Controle en Registratie Gelijkwaardigheid B.V.).

Deze productgegevens kunnen worden gehanteerd bij de bepaling van de Energie Index volgens het 'Nader Voorschrift' [2] of de energieprestatie van woningen volgens de NEN 7120 [3].

De bepaling is uitgevoerd voor:

- Bodemisolatie: Drowa-chips.
- Funderingsisolatie: geëxpandeerd polystyreenschuim (EPS).

De resultaten van de bepaling zijn beschreven in deze rapportage.

## *Nadere toelichting bepaling*

Het warmteverlies via een begane grondvloer wordt niet alleen bepaald door de warmteweerstand van de begane grondvloer zelf, maar ook door het warmteverlies dat via de ondergrond plaatsvindt. Bij vloeren boven kruipruimtes zijn bijvoorbeeld ook het warmteverlies via de bodem, de fundering en de mate van ventilatie van de kruipruimte van invloed. Het aanbrengen van isolatie op de bodem en tegen de fundering van de kruipruimte kan dit warmteverlies beperken.

NEN 1068 [1] geeft een rekenmethode voor de bepaling van het warmteverlies via de begane grondvloer; de stationaire warmtedoorgangscoefficiënt.

Deze rekenmethode wordt onder meer gehanteerd in:

- De bepalingsmethode van de Energie-Index van woningen op basis van een standaard gebouwopname, het 'Nader Voorschrift' [2].
- De gedetailleerde bepalingsmethode voor de energieprestatie van woningen, de NEN 7120 [3].

Voor beide bepalingsmethodes zijn de invoerparameters  $R_{bf}$  en  $R_{bw}$  vereist.

## 2 Nadere gegevens isolatiemateriaal

De bepaling van  $R_{bf}$  en  $R_{bw}$  is uitgevoerd voor:

- Bodemisolatie: Drowa chips.
- Funderingsisolatie: geëxpandeerd polystyreenschuim (EPS).

### Drowa Chips

Drowa chips is een los te storten materiaal bestaande uit kunststof chips (Figuur 1). Deze worden in diverse laagdiktes toegepast als bodemisolatie in de kruipruimte.

De gedeclareerde warmtegeleidingscoëfficiënt van Drowa chips bedraagt 0,063 W/(m.K) (TNO rapport 060-DTM-2011-02440).



Figuur 1: Drowa chips.

### Geëxpandeerd polystyreenschuim (EPS)

Voor het isoleren van de fundering is uitgegaan van platen van geëxpandeerd polystyreenschuim (EPS).

De EPS platen hebben een gedeclareerde warmtegeleidingscoëfficiënt van 0,036 W/(m.K).

De platen worden toegepast in diktes van 100 mm en 130 mm.

## 3 Berekeningsmethode en overige uitgangspunten

### 3.1 Berekeningsmethode

De warmteweerstand van de bodem/vloerconstructie van een kruipruimte ( $R_{bf}$ ) en de aan de grond grenzende kruipruimtwand/fundering ( $R_{bw}$ ) zijn bepaald conform NEN 1068 [1].

Waarin:

$R_{bf}$  = is de warmteweerstand van de vloerconstructie van een kruipruimte of en onverwarmde kelder bepaald als  $R_c$ , in  $(m^2 \cdot K)/W$

$R_{bw}$  = de warmteweerstand van een aan de grond grenzende kruipruimte- of kelderwand, bepaald als  $R_c$ , in  $(m^2 \cdot K)/W$

Een beschrijving van de berekeningsmethode van de  $R_c$ -waarde is gegeven in bijlage A.

### 3.2 Uitgangspunten

Voor de bepalingen van  $R_{bf}$  en  $R_{bw}$  zijn de uitgangspunten van de NEN 1068 [1] of het 'Nader Voorschrift' [2] van toepassing:

#### *Hoogte kruipruimte*

Het 'Nader Voorschrift' gaat, wanneer van toepassing, uit van een hoogte van een kruipruimte van 50 cm.

#### *Thermische eigenschappen bestaande constructie*

Voor de warmteweerstand van de bestaande fundering van de kruipruimte zijn voor de bepaling van de Energie Index op basis van een standaard gebouwopname de volgende  $R_c$ -waarden van toepassing:

- 0,19  $(m^2 \cdot K)/W$  voor een niet geïsoleerde fundering;
- 0,69  $(m^2 \cdot K)/W$  voor een fundering welke reeds over de gehele hoogte van de kruipruimte is na-geïsoleerd.

*Indien isolatiemateriaal tegen de bestaande fundering wordt aangebracht, wordt de  $R_c$ -waarde daarvan opgeteld bij de relevante  $R_c$ -waarde van de bestaande fundering. Op de  $R_c$ -waarden van de bestaande fundering zijn derhalve geen toeslagfactoren op de U-waarde van toepassing. Overgangsweerstanden ( $R_{si}$  en  $R_{se}$ )*

Voor de overgangsweerstanden  $R_{si}$  en  $R_{se}$  zijn de volgende waarden gehanteerd:

- Een waarde voor  $R_{si}$  van 0,13  $(m^2 \cdot K)/W$  ter plaatse van de fundering.
- Een waarde voor  $R_{si}$  van 0,17  $(m^2 \cdot K)/W$  ter plaatse van de kruipruimte bodem.
- Een waarde voor  $R_{se}$  van 0,04  $(m^2 \cdot K)/W$  aan de buitenzijde van de constructies/grond die aan de kruipruimte bodem en de fundering grenzen.

#### *Rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt ( $\lambda_{calc}$ ) bodemisolatie*

Voor de rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt van het na-isolatiemateriaal, toegepast op de kruipruimtebodem, is de gedeclareerde waarde van het isolatiemateriaal gecorrigeerd met correctiefactoren voor veroudering  $F_{A-iso}$  van 1,05 en  $F_{a-apl}$  van 1,15; overige correctiefactoren zijn op 1 gesteld.

*Rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt ( $\lambda_{calc}$ ) funderingsisolatie*

Voor de rekenwaarde van de warmtegeleidingscoëfficiënt van het na-isolatiemateriaal, toegepast tegen de fundering, is de gedeclareerde waarde van het isolatiemateriaal gecorrigeerd met een correctiefactor van 25% voor vochtinvloeden volgens tabel C.2 van de NEN 1068.

*Toeslagfactor op de U-waarde voor eventuele convectie, bevestigingshulpmiddelen, omgekeerd dak en bouwkwaliteit ( $\Delta U$ ).*

Voor de kruipruimte vloer en wanden is de toeslagfactor  $\Delta U$  voor bouwkwaliteit ( $\Delta U_w$ ) van toepassing.

Er geldt:

$$\Delta U_w = 0,05 \times U_T$$

Overige toeslagfactoren zijn op 0 gesteld.

NB. alle uitgangspunten zijn afgestemd met BCRG.

## 4 Resultaten

Door Gebroeders de Vries bv werd aan TNO de opdracht verstrekt de rekenwaarde voor de warmteweerstand van de bodem/vloerconstructie ( $R_{bf}$ ) en de fundering ( $R_{bw}$ ) van een kruipruimte grenzend aan het grondpakket volgens NEN 1068 [1] te bepalen.

De bepaling is uitgevoerd voor:

- Bodemisolatie: Drowa chips
- Funderingsisolatie: geëxpandeerd polystyreenschuim (EPS)

De resultaten van de bepalingen zijn weergegeven in Tabel 1 en Tabel 2.

Tabel 1: De warmteweerstand van de kruipruimtebodem ( $R_{bf}$ ) bepaald als  $R_c$  bij verschillende isolatiediktes ( $d$ ) op de kruipruimtebodem

<b>Drowa chips</b>			
warmte- geleidingscoëfficiënt na-isolatie:			
gedeclareerde waarde ( $\lambda_{decl}$ )		0,063	[W/(m.K)]
rekenwaarde ( $\lambda_{calc}$ ) (tussenwaarde)		0,0760725	[W/(m.K)]
$d_{na-isolatie}$ [mm]	$R_{bf}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	$d_{na-isolatie}$ [mm]	$R_{bf}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]
25	<b>0,30</b>	275	<b>3,43</b>
50	<b>0,61</b>	300	<b>3,74</b>
75	<b>0,92</b>	325	<b>4,05</b>
100	<b>1,24</b>	350	<b>4,37</b>
125	<b>1,55</b>	375	<b>4,68</b>
150	<b>1,86</b>	400	<b>4,99</b>
175	<b>2,18</b>	425	<b>5,31</b>
200	<b>2,49</b>	450	<b>5,62</b>
225	<b>2,80</b>	475	<b>5,93</b>
250	<b>3,11</b>	500	<b>6,24</b>

Tabel 2: De warmteweerstand van de kruipruimtwand / fundering ( $R_{b,w}$ ) bepaald als  $R_c$ -waarde bij verschillende isolatiediktes ( $d$ ) tegen de kruipruimte wand en een  $R_c$ -waarde van de bestaande fundering van 0,19 respectievelijk 0,69 ( $m^2.K/W$ ).

<b>geëxpandeerd polystyreenschuim (EPS)</b>			
<b>(bevestigd met lijm)</b>			
warmte- geleidingscoëfficiënt na-isolatie:			
gedeclareerde waarde ( $\lambda_{decl}$ )	0,036	[W/(m.K)]	
rekenwaarde ( $\lambda_{calc}$ ) (tussenwaarde)	0,045	[W/(m.K)]	
$R_c$ - bestaande fundering [( $m^2.K$ )/W]	$d_{na-isolatie}$ [mm]	$R_{c-na-isolatie}$ [( $m^2.K$ )/W]	$R_{b,w}$ [( $m^2.K$ )/W]
0,19	100	2,10	<b>2,29</b>
0,69	100	2,10	<b>2,79</b>
0,19	130	2,74	<b>2,93</b>
0,69	130	2,74	<b>3,43</b>

NB. Deze bepalingen hebben als doel opname van de productgegevens in de databank gecontroleerde kwaliteitsverklaringen van BCRG (Bureau Controle en Registratie Gelijkwaardigheid B.V.).

Deze productgegevens kunnen worden gehanteerd bij de bepaling van de Energie Index volgens het 'Nader Voorschrift' [2] of de energieprestatie van woningen volgens de NEN 7120 [3].



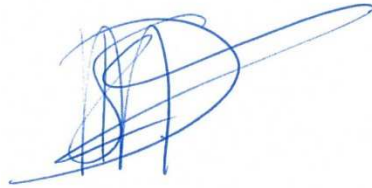
## 5 Ondertekening

Delft 10 maart 2015

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'K' followed by 'van Zundert'.

Ir. K. van Zundert  
Auteur

Ing. S.P.M. Hermanns  
Tweede lezer

A handwritten signature in blue ink, featuring a large, stylized 'S' followed by 'M.D. Stamm'.

Ir. M.D. Stamm  
Research manager  
Structural Reliability

## A $R_{bf}$ en $R_{bw}$ conform NEN1068 [1]

De warmteweerstand van de bodem/vloerconstructie van een kruipruimte ( $R_{bf}$ ) en de aan de grond grenzende kruipruimtwand ( $R_{bw}$ ) zijn bepaald conform NEN 1068 [1].

Waarin:

$R_{bf}$  = de warmteweerstand van de vloerconstructie van een kruipruimte of een onverwarmde kelder bepaald als  $R_c$ , in  $(m^2.K)/W$ , bepaald als  $R_c$ , in  $(m^2.K)/W$

$R_{bw}$  = de warmteweerstand van de aan de grond grenzende kruipruimte- of kelderwand, bepaald als  $R_c$ , in  $(m^2.K)/W$

Voor de berekening van de  $R_c$  waarde van een vloerconstructie op de grond of aan de grond grenzende wandconstructie geldt:

$$R_c = \frac{1}{U_c} - R_{si} - R_{se}$$

Waarin:

$R_c$  = de warmteweerstand van de constructie, in  $(m^2.K)/W$

$U_c$  = de warmtedoorgangscoefficiënt, in  $W/(m^2.K)$

$R_{si}$  = de overgangsweerstand aan de binnenzijde, in  $(m^2.K)/W$

$R_{se}$  = de overgangsweerstand aan de buitenzijde, in  $(m^2.K)/W$

$U_c$  kan worden berekend volgens:

$$U_c = U_T + \Delta U$$

Waarin:

$U_c$  = de warmtedoorgangscoefficiënt, in  $W/(m^2.K)$

$U_T$  = de warmtedoorgangscoefficiënt van een totale constructie zonder correctie op de U-waarde, in  $W/(m^2.K)$

$\Delta U$  = de toeslagfactor voor eventuele convectie, bevestigingshulpmiddelen, omgekeerd dak en bouwkwaliteit, in  $W/(m^2.K)$

$\Delta U$  kan worden bepaald volgens:

$$\Delta U = \Delta U_a + \Delta U_{fa} + \Delta U_r + \Delta U_w$$

Waarin:

$\Delta U$  = de toeslagfactor voor eventuele convectie, bevestigingshulpmiddelen, omgekeerd dak en bouwkwaliteit, in  $W/(m^2.K)$

$\Delta U_a$  = de toeslagfactor voor convectie, in  $W/(m^2.K)$

$\Delta U_{fa}$  = de toeslagfactor voor bevestigingsmiddelen, in  $W/(m^2.K)$

$\Delta U_r$  = de toeslagfactor voor een omgekeerd dak, in  $W/(m^2.K)$

$\Delta U_w$  = de toeslagfactor voor bouwkwaliteit, in  $W/(m^2.K)$

$U_T$  kan worden bepaald volgens:

$$U_T = \frac{1}{R_T}$$

Waarin:

$R_T$  = de rekenwaarde voor de warmteweerstand van de constructie zonder correctie op de U-waarde, in  $(m^2.K)/W$

$$R_T = R_{si} + \sum_i (R_{m,i}) + R_{se}$$

Waarin:

$R_{m,i}$  = de warmteweerstand van constructie laag i bepaald als  $R_{calc}$ , in  $(m^2.K)/W$

$R_{calc}$  kan worden berekend volgens:

$$R_{calc} = \frac{d}{\lambda_{calc}}$$

Waarin:

$R_{calc}$  = de rekenwaarde voor de warmteweerstand van constructie laag i, in  $(m^2.K)/W$

$d$  = de dikte van de constructie laag, in m

$\lambda_{calc}$  = de rekenwaarde voor de warmtegeleidingscoëfficiënt, in  $W/(m.K)$

Voor isolatiematerialen kan  $\lambda_{calc}$  worden bepaald volgens:

$$\lambda_{calc} = \lambda_d \times F_T \times F_M \times F_A \times F_{conv}$$

Waarin:

$\lambda_d$  = is de waarde van de gedeclareerde warmtegeleidingscoëfficiënt, in  $W/(m.K)$

$F_T$  = een conversiefactor voor temperatuur

$F_M$  = een conversiefactor voor vochtinvloeden

$F_A$  = een conversiefactor voor veroudering

$F_{conv}$  = een conversiefactor voor convectie

## B Literatuur

[1] NEN 1068:2012/C1:2014

Thermische isolatie van gebouwen – Rekenmethoden  
Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.

[2] Nader Voorschrift voor de bepaling van de energieprestatie voor de bestaande  
bouw volgens NEN 7120.

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties  
2014

[3] NEN 7120+C2:2012/C5:2014

Energieprestatie van gebouwen – Bepalingsmethode  
Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.