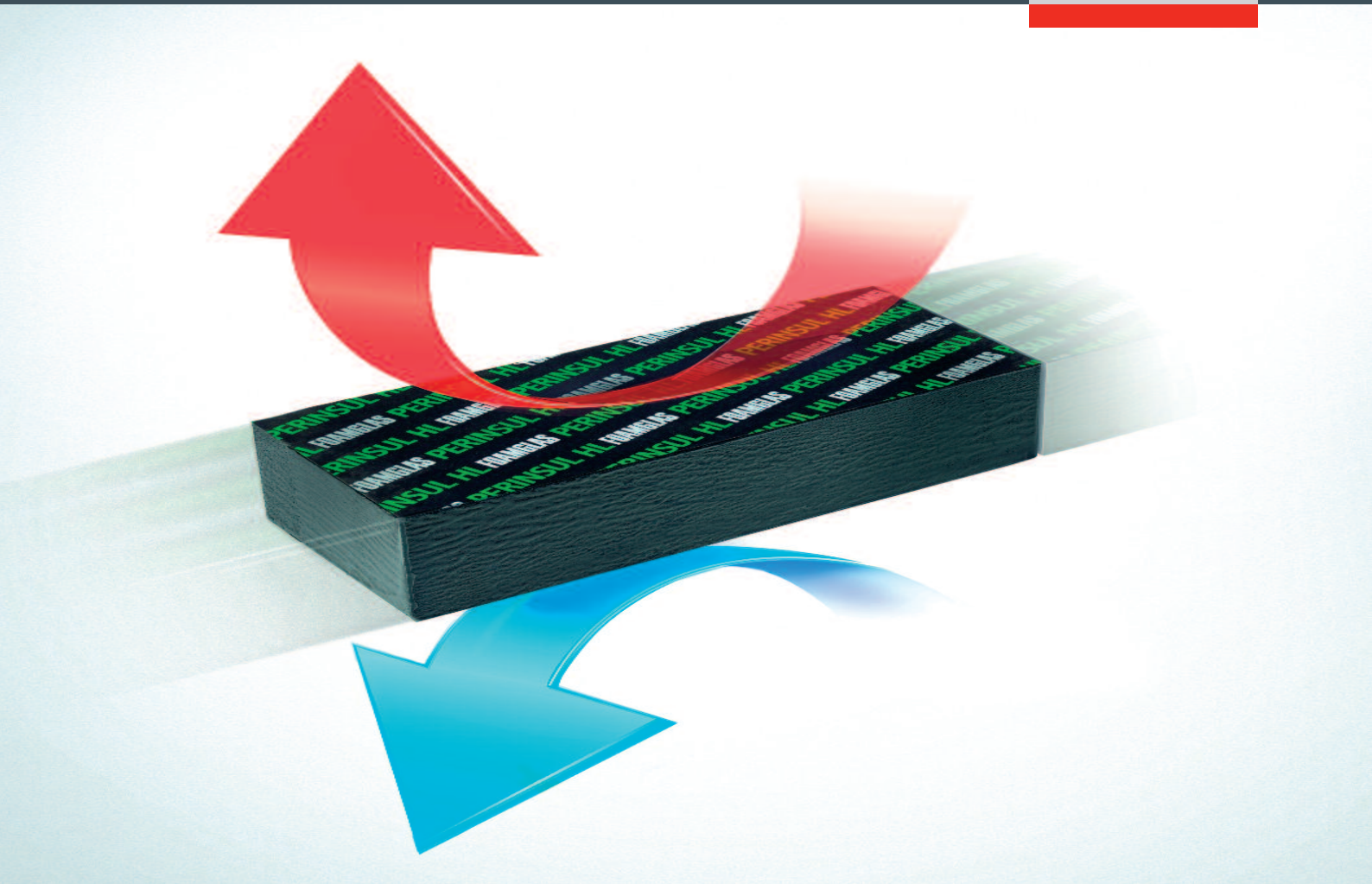
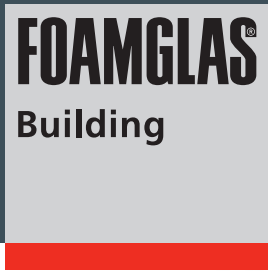


De blijvende oplossing voor koudebruggen

FOAMGLAS®

PERINSUL S (standard)

PERINSUL HL (high load)



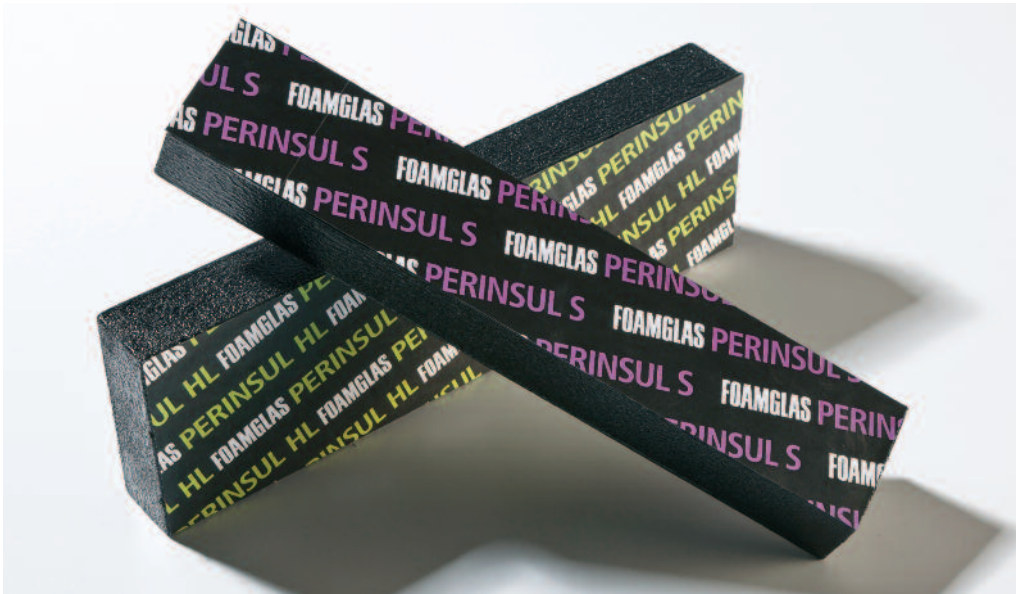
www.foamglas.be



FOAMGLAS®

Legende

Inleiding	4
Koudebruggen vermijden	6
- Het begrip koudebrug	6
- Soorten koudebruggen	6
- Gevolgen van een koudebrug	7
- Beoordelingscriteria: Ψ , χ en f	9
- Voorkomen in plaats van genezen	9
Koudebruggen in EPB	10
- Een koudebrug is een thermisch slecht presterende bouwknoop	10
- Koudebruggen inrekenen: 3 opties	11
- EPB-aanvaarde bouwknoppen	12
FOAMGLAS® PERINSUL: dé oplossing voor een doorlopende thermische isolatielaag	15
- Cellulair glas: een materiaal met uitzonderlijke eigenschappen	21
- De ideale tussenvoeging voor de funderingsaanzet	22
- Isoleren met FOAMGLAS® PERINSUL	22
- FOAMGLAS®: het enige isolatiemateriaal dat zijn lambdawaarde blijft behouden	24
Onderzoek TU Eindhoven, samenvatting PERINSUL S en PERINSUL HL (Eurocode 6, ETA)	25
- Groot draagvermogen en kleine vervormingen	25
- Berekening van de draagkracht van metselwerkwanden volgens Eurocode 6 versus NBN B24-301	28
Technische gegevens	29
- Materiaaleigenschappen	29
- Uitvoering	30



Cellulair glas
– FOAMGLAS® PERINSUL S
– FOAMGLAS® PERINSUL HL

Inleiding

Bouwknope die resulteren in koudebruggen worden alsmear crucialer. Hoe beter een gebouw is geïsoleerd, des te groter het effect van zones waar de isolatieschil onderbroken is.

Koudebruggen hebben tal van nadelige effecten. Doordat het warmteverlies hoger is dan die van de direct aangrenzende delen daalt de doeltreffendheid van de thermische isolatie. In de huidige evolutie naar lage-energiewoningen en de toekomstige evolutie naar bijna-energie neutrale woningen is dat nefast.

Koudebruggen zijn niet enkel verantwoordelijk voor warmteverlies. Ze hebben eveneens gevolgen voor ons wooncomfort, onze hygiëne en onze gezondheid. Aangezien op koudebruggen de oppervlaktetemperatuur lager is, kan de lucht hierop condenseren. Dat kan aanleiding geven tot vocht- en schimmelproblemen, geurhinder en een ongezond binnenklimaat.

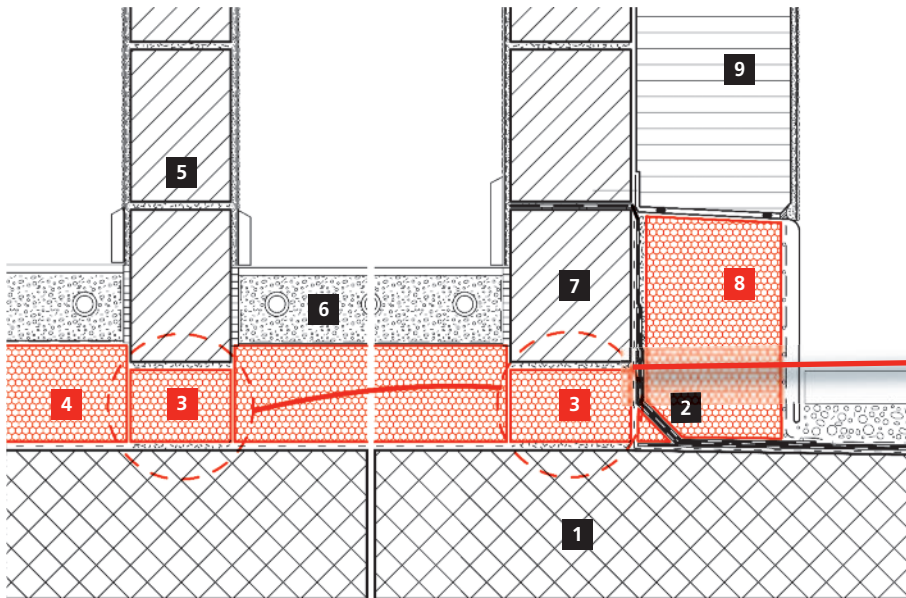
Om al deze problemen uit te sluiten, moet zo koudebrugvrij mogelijk worden gebouwd. Achteraf een bestaande koudebrug verhelpen is moeilijk, soms zelfs onmogelijk.

FOAMGLAS® PERINSUL-blokken werden speciaal ontwikkeld om in funderingsaanzetten, dakopstanden en ander metselwerk een thermische isolatielaag te kunnen realiseren, en zodoende koudebruggen op te vangen.

FOAMGLAS® PERINSUL combineert 5 belangrijke eigenschappen:

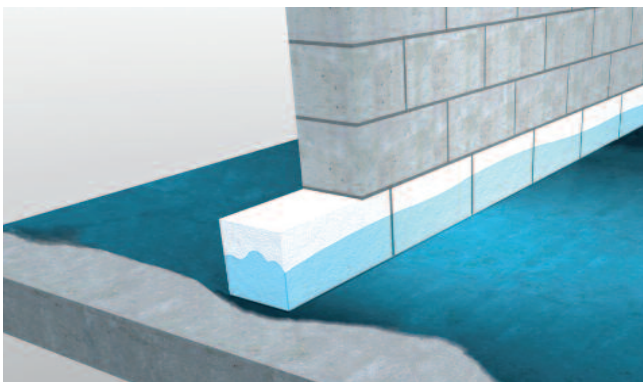
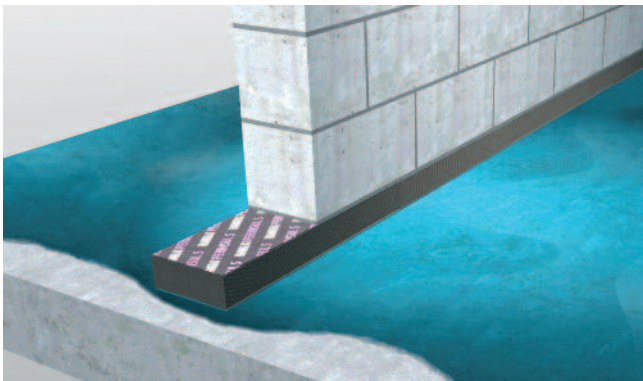
- Uitstekende isolerende eigenschappen
- Performante mechanische eigenschappen
- Uitstekende waterwerende eigenschappen
- Uitstekende brandweerstand (A1)
- Uitstekende weerstand tegen ongedierte

PERINSUL verwerkt in een bouwtoepassing



- 1 Draagstructuur
- 2 Oplopend bitumineus waterdicht membraan
- 3 FOAMGLAS® PERINSUL aangebracht in mortellaag
- 4 FOAMGLAS®-vloerisolatie
- 5 Wand (metselwerk)
- 6 Dekvloer van cement of van het anhydride type
- 7 Buitengevel (metselwerk)
- 8 FOAMGLAS®-isolatie
- 9 Buitengevelisolatie, bepleisterd

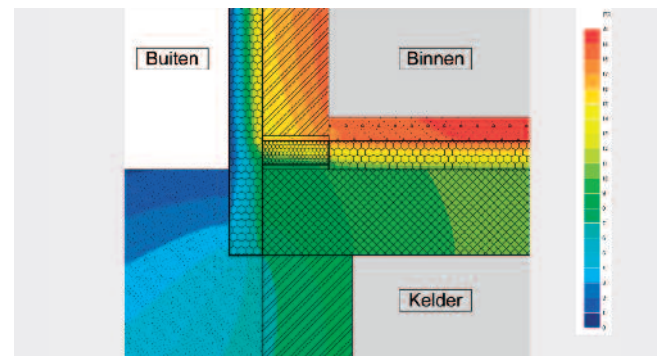
Invloed van vocht



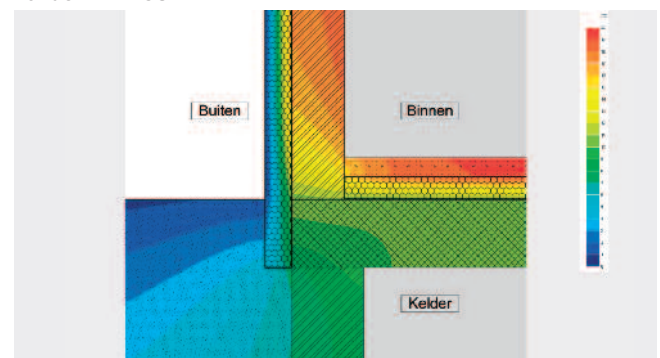
In vergelijking met concurrentiële blokken bieden FOAMGLAS® PERINSUL-blokken het uitzonderlijke voordeel dat ze niet vochtig kunnen worden en vormvast zijn.

Invloed op temperatuurverloop

Met PERINSUL



Zonder PERINSUL



De warmteverliezen ter plaatse van de lijnvormige aansluitingen zijn duidelijk zichtbaar.



Koudebruggen vermijden

Koudebruggen zijn plaatsen waar de isolerende mantel plaatselijk wordt onderbroken ten gevolge van een ondoordacht ontwerp en/of een gebrekkige uitvoering van de isolerende bouwschil. De gevolgen van deze zwakke schakels in de isolatieschil zijn nefast voor het gebouw en de gezondheid van de bewoners. Koudebruggen vermijden is dus de boodschap.

Het begrip koudebrug

Een koudebrug is een onderdeel van de bouwschil dat een brug maakt tussen een koude en een warme plaats.

Een koudebrug is een constructiedeel waarvan de warmtetransmissie van binnen naar buiten groter is dan van de rest van de constructie. De grotere warmtetransmissie (warmtestroom) is het gevolg van de kleinere warmteweerstand van de koudebrug in vergelijking met de warmteweerstand van de aangrenzende constructiedelen. Dat vertaalt zich in een lagere binnenoppervlaktetemperatuur (vandaar 'koudebrug').

Het gevolg van het verhoogde warmteverlies bij een koudebrug is een lagere oppervlaktetemperatuur aan de binnenzijde van de constructie. Dit geeft niet alleen aanleiding tot koudestraling en convectiestroming, maar verhoogt tevens het risico op oppervlaktecondensatie. Wanneer lucht met een bepaalde waterdampconcentratie in contact komt met

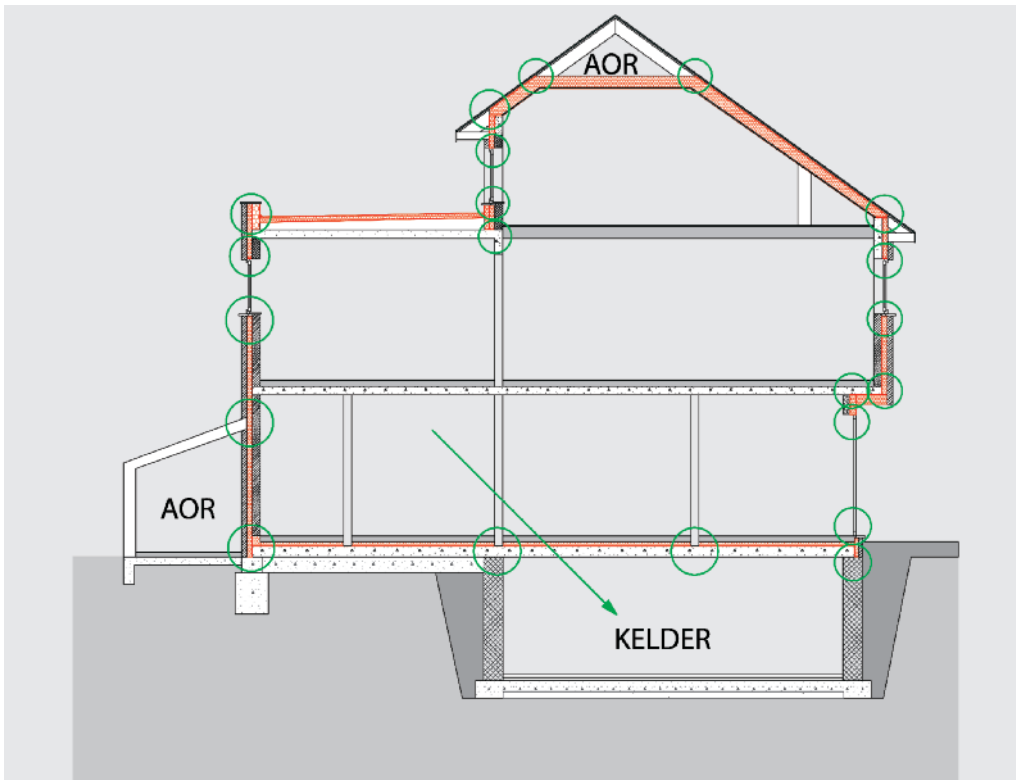
een oppervlak met een temperatuur gelijk aan of lager dan de dauwpuntstemperatuur van die lucht, gaat een deel van die waterdamp over in een vloeibare fase, waardoor er druppeltjes ontstaan. Denk maar aan een badkamerspiegel na het douchen.

Soorten koudebruggen

Koudebruggen kunnen twee vormen aannemen:

1. Lineair

Wanneer het warmteverlies optreedt op de plaats waar twee onderdelen van een gebouw elkaar raken, bijvoorbeeld daar waar een spouwmuur op de fundering rust, waar het dak en de gevel samenkomen, en waar het metselwerk en het buitenschrijnwerk op elkaar aansluiten. Lijnvormige koudebruggen komen ook voor op plaatsen waar de isolatielaag onderbroken wordt door een regenpijp of een stalen profiel.



Lineaire bouwknooppunten (cirkel)
 Overall waar twee scheidingsconstructies samenkomen, is er sprake van een lineaire bouwknoop.
 Overall waar de isolatielaag van eenzelfde scheidingsconstructie lijnvormig onderbroken wordt, is er sprake van een lineaire bouwknoop.

2. Op één punt gericht (puntkoudebruggen)

Wanneer de isolatielaag van eenzelfde scheidingsconstructie puntvormig doorbroken wordt door een materiaal met een hoge warmtegeleidbaarheid ($\lambda > 0,2 \text{ W/mK}$) of bijvoorbeeld bij de ophanging van geveldraggers om metselwerk te ondersteunen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij balken die loodrecht op het vlak van een scheidingsconstructie toekomen en daarbij de isolatielaag onderbreken.

Gevolgen van een koudebrug

Koudebruggen hebben verstrekkende gevolgen:

- Voor ons energieverbruik

Een (aanzienlijk) warmteverlies. Doordat gebouwen steeds beter geïsoleerd worden, maken koudebruggen een steeds groter deel uit van de warmtetransmissie doorheen de uitwendige constructie van verwarmde gebouwen. Bij middelmatig geïsoleerde gebouwen bedraagt het warmteverlies tengevolge van koudebruggen ongeveer 10% van het totale warmteverlies. Bij zeer goed geïsoleerde gebouwen kunnen koudebruggen meer dan 25% van het totale warmteverlies betekenen.

- Voor ons wooncomfort

Koudebruggen hebben een lagere oppervlaktetemperatuur dan de gemiddelde temperatuur van de omliggende constructie. In combinatie met een te hoge absolute vochtigheid van de binnenlucht kan dit oppervlaktecondensatie veroorzaken.

Voorbeeld bij een zwembad

Lucht met een temperatuur van 30 °C kan maximaal $30,34$ gram waterdamp per m^3 bevatten. Indien de relatieve vochtigheid (R.V.) bijvoorbeeld 60% bedraagt, bevat deze lucht 60% van $30,34 \text{ gr/m}^3$, dus $18,2 \text{ gr/m}^3$.

Wanneer de temperatuur daalt, kan de lucht maar een kleinere hoeveelheid waterdamp bevatten en komt er een moment dat de maximale waterdampconcentratie (het 'dauwpunt') wordt bereikt. De R.V. is dan 100%. In dit voorbeeld kan dit leiden tot condensatie op oppervlakken met een lagere temperatuur dan $21,4 \text{ °C}$.

Privézwembad Waregem



- Voor onze gezondheid

Waar condensatie optreedt, is er een gevaar op schimmelvorming, geurhinder en een verminderde luchtkwaliteit.

Schimmels of zwammen bestaan uit een net van draden waarop zich schimmelsporen vormen. Ze zijn zo klein dat ze gemakkelijk over grote afstanden door de lucht geblazen worden. Daarom zijn schimmelsporen zowat overal aanwezig. Wanneer ze gepast voedsel vinden (een muurtje of plafondtegels bijvoorbeeld) én voldoende vocht krijgen (in de vorm van condens, een waterlek of een hoge relatieve luchtvochtigheid), dan beginnen ze te groeien.

Schimmelvorming leidt niet enkel tot structurele beschadiging van een gebouw (zwarte plekken op de muren, aange-

taste plafonds...), maar kan ook gezondheidsproblemen (astma enz.) teweegbrengen, vooral bij zwangere vrouwen, kleine kinderen en oudere personen.



Schimmel

SENVIVV-onderzoek

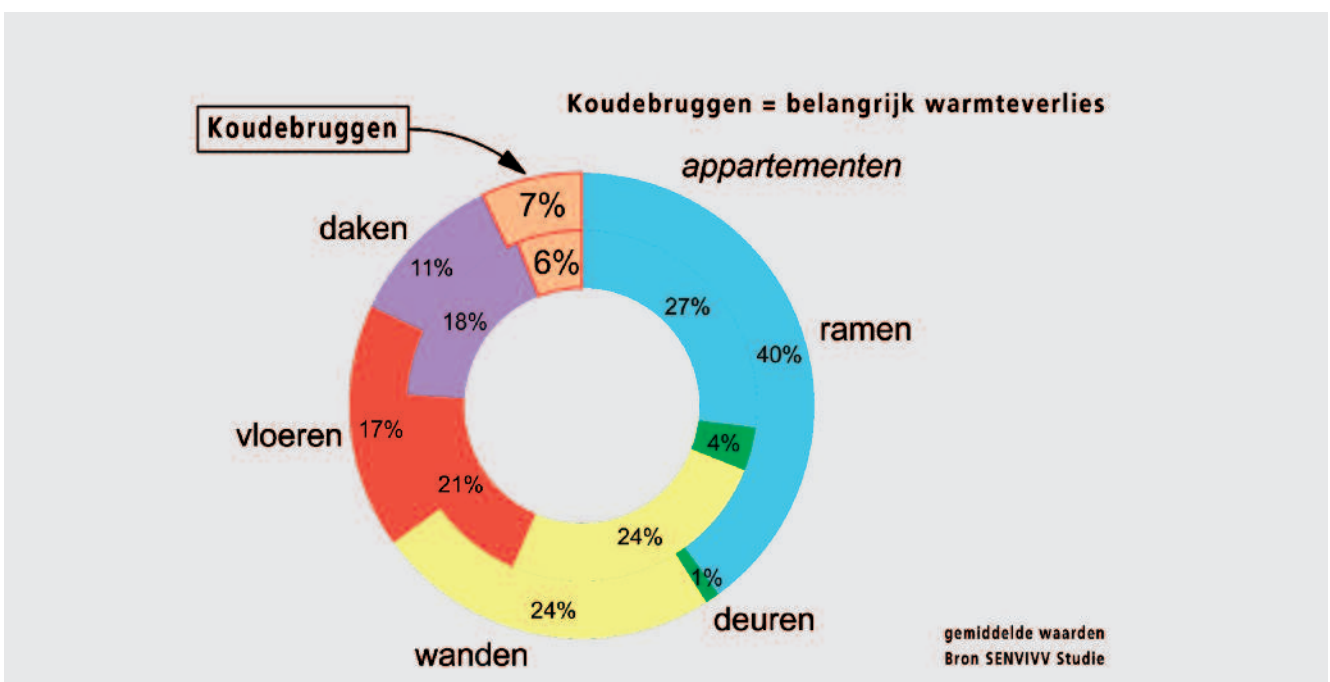
De belangrijke impact van koudebruggen op het warmteverlies in onze woningen blijkt bijvoorbeeld uit het SENVIVV-onderzoek (1995-1997).

Hierbij werd een analyse uitgevoerd van de energieaspecten (isolatie, ventilatie en verwarming) in 200 woningen die in Vlaanderen werden gebouwd tussen 1989 en 1997.

Onderstaande figuren tonen:

- de aard van de koudebruggen en de frequentie ervan in de 200 SENVIVV-woningen ¹⁾
- de impact van de koudebruggen in appartementen en woningen ²⁾
- de invloed van koudebruggen op het K-peil ³⁾.

Van de 200 SENVIVV-woningen (bestaande toestand met koudebruggen) voldeden er maar 29 aan een peil K55. Zonder koudebruggen zouden 53 van de 200 woningen aan een K55-peil hebben voldaan.



Beoordelingscriteria: Ψ , χ en f

Om de ernst van koudebruggen te kunnen beoordelen, moeten twee elementen worden geëvalueerd:

- het extra warmteverlies
- en het temperatuurverloop doorheen de constructie en de oppervlaktetemperatuur. Hoe lager deze temperatuur, des te groter het risico op condensatie en/of schimmelvorming.

Ψ - en χ -waarden

De lineaire warmtEDOORgangSCOEFFICIENT (het warmteverlies per lopende meter detail en per één graad temperatuurverlies bij lijnvormige koudebruggen) wordt aangeduid door de Ψ -waarde (de psi-waarde), in W/m.K.

Puntkoudebruggen worden benoemd met de letter χ (chi), en in W/K.

Voor de berekening van de Ψ - en χ -waarden kan worden gebruik gemaakt van ofwel berekeningssoftware, zoals bijvoorbeeld de programma's die Physibel heeft ontwikkeld: Trisco, Bisco, Voltra ..., van vrije software zoals Therm (ontwikkeld door de LBLN), ofwel van een atlas van koudebruggen (bijvoorbeeld Kobra of de gegevensbank van het project Koudebrug-IDEE).

Extra warmteverlies per meter koudebrug

$\Psi > 0,6$:	zeer hoog
$0,4 < \Psi \leq 0,6$:	hoog
$0,1 \leq \Psi \leq 0,4$:	matig
$0 < \Psi \leq 0,1$:	verwaarloosbaar
$\Psi \leq 0$:	geen

Bron: IAKOB

f-factor

De thermische kwaliteit van een bouwdetail wordt aangegeven door de temperatuurfactor, aangeduid door het symbool f. Een hoge f-factor is gunstig, een lage is ongunstig. Hoe lager de temperatuurfactor, hoe groter het risico op oppervlaktecondensatie en schimmel. De f-factor wordt als volgt berekend:

$$f = \frac{T_o - T_e}{T_i - T_e}$$

Waarbij: $0 < f < 1$

T_o = binnenoppervlaktetemperatuur

T_e = buitenluchttemperatuur

T_i = binnenluchttemperatuur

In België leggen de Technische Voorlichtingen 153 (WTCB, 1984) vast dat het condensatierisico kan worden vermeden indien de f-factor van een bouwelement hoger is dan 0,7. Deze waarde biedt geen garantie dat er nooit oppervlaktecondensatie zal optreden.

Op sommige plaatsen is het moeilijk om een hoge f-factor te realiseren. Vooral waar de isolatie wordt onderbroken door constructieve elementen, zoals in de funderingsaanzetten, is de kans op een lage f-factor bijzonder groot.

Dankzij FOAMGLAS® PERINSUL kan toch aan de f-factor worden voldaan, en worden oppervlaktecondensatie en schimmelvorming bijgevolg voorkomen.

De EPB-regelgeving stelt geen eisen inzake de f-factor. Het bouwteam blijft echter verantwoordelijk voor het vermijden van schimmel- en condensatieproblemen.

Voorkomen in plaats van genezen

Vanwege hun plaats – in hoeken, langs de vloer of het plafond – zijn koudebruggen meestal slecht bereikbaar voor de luchtstromen in een lokaal. Koudebrugverschijnselen zoals vochtplekken en/of schimmelvorming verdwijnen bijgevolg niet als er extra wordt geventileerd.

Een bestaande koudebrug verhelpen is een moeilijk karwei. Wanneer het gaat om koudebruggen aan de muuraanzet is het zelfs nagenoeg onmogelijk.

Daarom moeten koudebruggen ten stelligste worden vermeden. Bij nieuwbouw moet ervoor worden gezorgd dat de isolatie het hele gebouw omhult. Dit betekent dat de vloerisolatie perfect op de muurisolatie moet aansluiten en dat deze laatste op zijn beurt perfect op de dakisolatie en het buitenschrijnwerk moet aansluiten.

Wanneer de isolatie goed continu loopt, moeten de meest ingewikkelde koudebruggen worden aangepakt, zoals de aansluiting tussen muren en vloerplaten.

FOAMGLAS® PERINSUL-blokken werden speciaal ontwikkeld om in funderingsaanzetten en metselwerk een thermische isolatielaag te kunnen realiseren, en zodoende koudebruggen op te vangen.



Wooncomplex,
LD2 Architecten, Brussel.
Foto Marc Detiffe

Koudebruggen in EPB

Tot 1 januari 2011 hielden de EPB-regelgevingen in de drie Gewesten bij de berekening van de transmissieverliezen geen rekening met koudebruggen. De K-peilberekeningen waren louter gebaseerd op de U-waarden. Studies toonden nochtans aan dat koudebruggen een vrij belangrijke invloed uitoefenen op warmteverliezen door transmissie. Hun relatieve belang neemt bovendien nog toe naarmate het isolatieniveau van het gebouw verbetert. Daarom werd een methode ontwikkeld om ook de invloed van koudebruggen in te rekenen in de EPB-regelgevingen, en zodoende de nadruk te leggen op het goede thermische ontwerp van de bouwdetails. De methode is enkel van toepassing op koudebruggen; de onderbrekingen in de isolatielaag die eigen zijn aan de scheidingsconstructie moeten meegerekend worden bij de bepaling van de warmtedoorgangscoefficiënt (U-waarde) van deze constructie.

Een koudebrug is een thermisch slecht presterende bouwknop

De term 'koudebrug' komt niet voor in de wettelijke tekst van het ontwerp tot wijziging van Bijlage IV/V van het EPB-besluit. Daarin is sprake van 'bouwknopen'. De term 'bouwknop' dekt de verzameling van plaatsen in de gebouwschil waar er mogelijk ongeoorloofd warmteverlies

en/of condensatie- en schimmelproblemen kunnen optreden. De definitie maakt dus louter een oplistings van de mogelijke locaties van een bouwknop, en geeft geen bouwfysisch oordeel over een 'goede' of 'slechte' bouwknop.

Elk gebouw heeft minstens een 30-tal lineaire en puntbouwknopen. 'Thermisch slecht presterende bouwknopen' zijn 'koudebruggen' in de oorspronkelijke, negatieve zin.

Koudebruggen inrekenen: 3 opties

Koudebruggen kunnen op 3 manieren bij de EPB-berekening worden ingerekend:

Optie A ook 'Numerieke berekening op het niveau van de bouwknopen' genoemd

Optie B of 'Methode van de EPB-aanvaarde bouwknopen', en

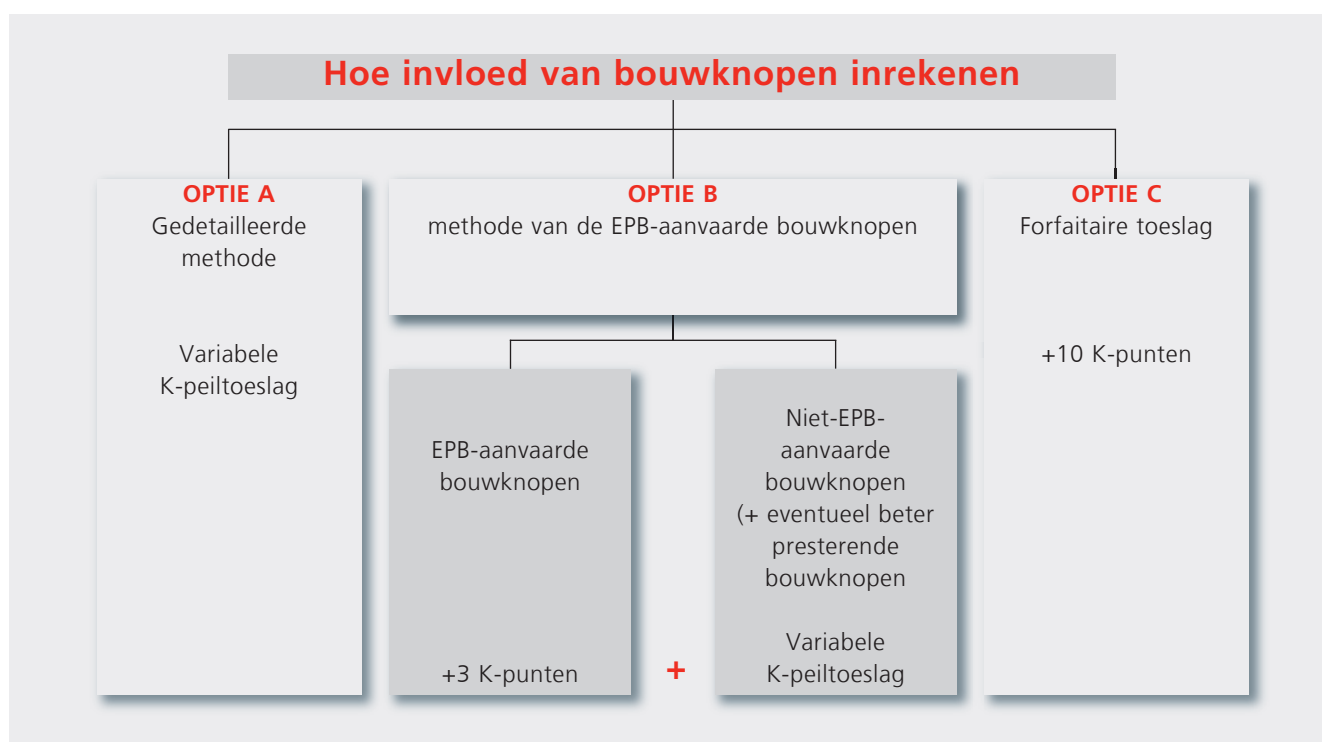
Optie C of 'Forfaitaire toeslag'.

Bij **optie A** moeten heel exact de Ψ -waarde en de χ -waarde van elke bouwknop ingerekend worden. Ook moet voor elke lineaire bouwknop de lengte, en voor elke puntbouwknop het aantal worden ingevoerd. Dit is de meest correcte berekening van het K-peil, maar ze is complex en zeer tijdrovend.

Bij **optie C** mag de berekening achterwege gelaten worden in ruil voor een forfaitaire verhoging van het K-peil (het globale warmte-isolatiepeil van een gebouw) met circa 10 punten. Deze optie heeft het grote nadeel dat het K-peil dan heel fel stijgt, waardoor extra geïsoleerd zal moeten worden om aan de opgelegde K-peileis te kunnen voldoen. Maar door extra te isoleren wordt het effect van de koudebrug nog versterkt.

In de praktijk wordt meestal gekozen voor **optie B**, ook de methode van de EPB-aanvaarde bouwknopen genoemd. Bij deze optie worden alle bouwknopen van een gebouw opgedeeld in twee categorieën: EPB-aanvaarde en niet-EPB aanvaarde bouwknopen.

EPB-aanvaarde bouwknopen zijn ofwel ontworpen volgens drie welbepaalde basisregels, ofwel is de berekende psi-waarde beter dan de psi-limietwaarde die voor deze bouwknop werd vastgelegd. Bij optie B hoeven EPB-aanvaarde bouwknopen niet ingerekend te worden. Ze krijgen forfaitair circa 3 K-peil-strafpunten op de totale isolatiewaarde van een gebouw. Bouwknopen die niet volgens de basisregels uitgevoerd kunnen worden, moeten nog individueel worden ingerekend volgens een gedetailleerde berekening of, naargelang het type bouwknop, via het gebruik van een vastgelegde waarde bij ontstentenis. Bij bouwknopen met een betere berekende psi-waarde dan de psi-limietwaarde kan de forfaitaire toeslag verminderd en zelfs nul worden.



Schema van de drie mogelijke opties om de invloed van bouwknopen in te rekenen en hun impact op het K-peil.

EPB-aanvaarde bouwknopen (optie B)

EPB-aanvaarde bouwknopen zijn bouwknopen die geen ongeoorloofd warmteverlies veroorzaken en dus weinig tot geen invloed hebben op het E-peil en op het K-peil. Forfaitair wordt van alle aanvaarde bouwknopen de invloed van de warmteverliezen door transmissie omgezet in 3 K-peilpunten.

Om EPB-aanvaard te zijn, moet een bouwknop aan minstens één van twee voorwaarden voldoen. Bij voorwaarde 1 moet een EPB-aanvaarde bouwknop voldoen aan één van de drie basisregels voor een koudebrugarm detail (zie schema hieronder).

Een **EPB-aanvaarde bouwknop** voldoet aan één van volgende **3 basisregels van voorwaarde 1**

1. Minimale contactlengte isolatielagen
 $d_{\text{contact}} \geq \frac{1}{2} * \min(d_1, d_2)$
2. Tussenvoeging isolerende delen met $\lambda \leq 0,2 \text{ W/mK}$
+ minimale R-waarde
+ contactlengte-eis
3. Weg van de minste weerstand:
moet minimum 1 m lang zijn

EN / OF

De Ψ -waarde is lager dan de limietwaarde (voorwaarde 2).

Voorwaarde 1

Ofwel moet de bouwknop voldoen aan één van de 3 basisregels voor een koudebrugarm detail

Deze basisregels zijn gebaseerd op het principe van het garanderen van de 'thermische snede'. Dit betekent dat de isolatielagen van 2 aansluitende scheidingsconstructies van het verliesoppervlak steeds continu in elkaar moeten overlopen. Minimaal betekent dit dat men met een potlood door de isolatielagen en tussengevoegde isolerende delen moet kunnen tekenen zonder dit potlood op te heffen.

De thermische snede kan worden gegarandeerd door:

Basisregel 1

Het respecteren van een minimale contactlengte

Voor welke situatie?

Wanneer isolatielagen rechtstreeks contact kunnen maken (zie afbeelding 1).

Hoe aan deze regel voldoen?

De minimale contactlengte d_{contact} hangt af van de dikte van de isolatielagen die samenkomen (d_1 en d_2). De dikte d_{contact} mag nooit minder zijn dan de helft van de kleinste van de dikten d_1 en d_2 . Hoe dikker de isolatielagen, hoe groter de contactlengte moet zijn.

Basisregel 2

De tussenvoeging van isolerende delen

Voor welke situatie?

Wanneer de isolatielagen niet rechtstreeks op elkaar aansluiten.

Hoe aan deze regel voldoen?

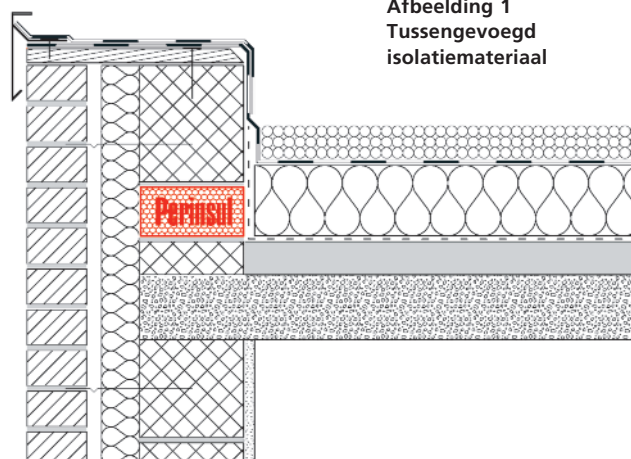
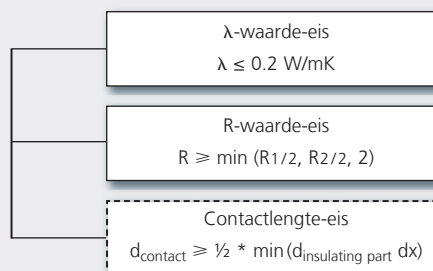
Basisregel 2 stelt dat alle isolerende delen **tegelijk** moeten voldoen aan drie eisen:

1. De toegevoegde isolerende delen moeten uit isolerend materiaal bestaan. De warmtegeleidingscoëfficiënt $\lambda_{\text{insulating part}}$ van elk van de isolerende delen mag maximum $0,2 \text{ W/mK}$ zijn. (Lambdawaarde PERINSUL S is $0,050$ en voor PERINSUL HL is dit $0,058 \text{ W/mK}$).
2. De isolerende delen moeten voldoende warmteweerstand hebben. De warmteweerstand R van elk isolerend deel mag niet kleiner worden dan de helft van het kleinste van **R1** en **R2** of **2**. Om de R-waarde-eis haalbaar te houden voor zeer dikke isolatiepakketten wordt er een bovengrens opgelegd aan **R**, zijnde **2** $\text{m}^2\text{K/W}$.
3. De isolerende delen moeten voldoende contact maken met de isolatielagen. De contactlengte op de plaats waar de isolerende delen tussengevoegd zijn, mag niet minder bedragen dan de helft van de kleinste dikte van de isolatielagen (zie afbeelding 1).

Wat is een bouwknop?

BASISREGEL 2

Tussenvoeging van isolerende delen



Basisregel 3

Het respecteren van de minimale lengte van de weg van de minste weerstand

Voor welke situatie?

Wanneer de isolatielagen niet rechtstreeks op elkaar aansluiten en er geen isolerend deel kan worden toegevoegd.

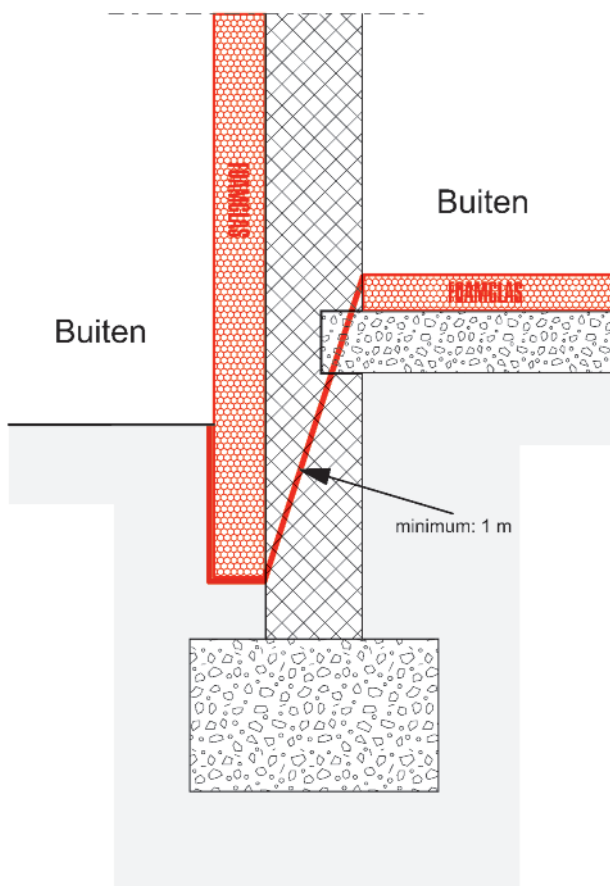
Hoe aan de regel voldoen?

Een bouwknoop is EPB-aanvaard wanneer 'de weg van de minste weerstand' 1 meter of meer is. Zo moet de warmtestroom een voldoende grote afstand overbruggen en kan het warmteverlies beperkt blijven.

De 'weg van de minste weerstand' heeft als strikte definitie: *het kortste traject tussen de binnenomgeving en de buitenomgeving of een aangrenzende onverwarmde ruimte dat nergens een isolatielaag of een isolerend deel snijdt waarvan de warmteweerstand groter of gelijk is aan de kleinste van de twee warmteweerstanden R1 en R2 van de isolatielagen van de scheidingsconstructies.*

Daarvoor moet op het snedeplan van de bouwknoop de kortste lijn worden getekend, van de binnenkant naar de buitenkant of naar een aangrenzende onverwarmde ruimte, zonder dat die ergens een isolatielaag snijdt. Als de totale lengte van die lijn minder dan 1 meter is, wordt aangeraden de isolatie te verlengen tot minstens 1 m, op voorwaarde dat die isolatie een warmteweerstand heeft die op zijn minst even groot is als de kleinste van de twee waarden R1 en R2. (zie afbeelding 2)

Indien bouwknoopen aan één van deze drie basisregels voldoen, zijn ze per definitie EPB-aanvaard en hoeven hun aantallen en lengten niet berekend te worden.



Afbeelding 2
Principeschema van de
weg van de minste
warmteweerstand

Voorwaarde 2

Ofwel is de Ψ_e -waarde (lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt) van de bouwknop kleiner dan de limietwaarde $\Psi_{e, \text{lim}}$ die wordt opgelegd voor het type bouwknop

Een bouwknop hoeft niet aan beide voorwaarden tegelijk te voldoen. Het is dus mogelijk dat een bouwknop voldoet aan de Ψ_e -limietwaarde maar niet aan één van de basisregels of omgekeerd, dat een bouwknop wel voldoet aan één van de basisregels, maar niet aan de Ψ_e -limietwaarde.

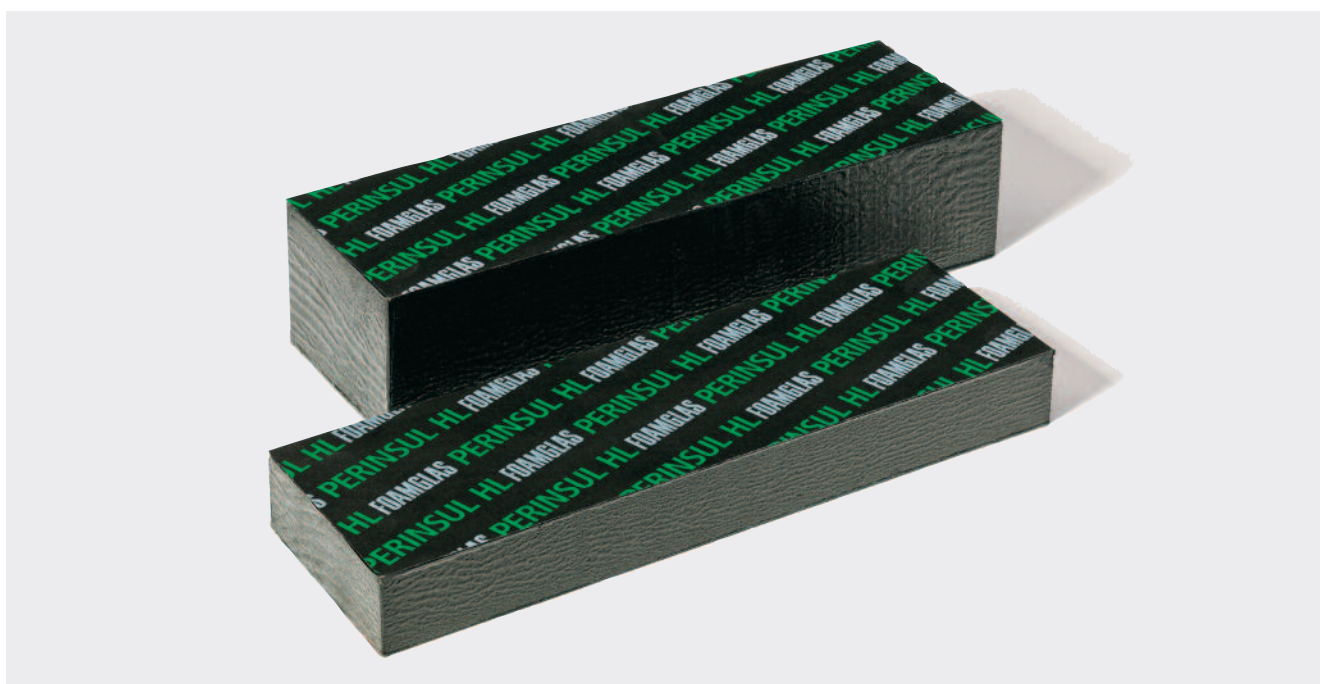
	$\Psi_{e, \text{lim}}$
1. Buitenhoeken (1) (2) – 2 muren – Andere buitenhoeken	- 0,10 W/m·K 0,00 W/m·K
2. Binnenhoeken (3)	0,15 W/m·K
3. Venster- en deuraansluitingen	0,10 W/m·K
4. Funderingsaanzet	0,05 W/m·K
5. Balkons	0,10 W/m·K
6. Aansluiting van scheidingsconstructies binnen het eigen beschermd volume op een scheidingsconstructie van het verliesoppervlak	0,05 W/m·K
7. Gecombineerde bouwknopen (4)	0,10 W/m·K
8. Alle knopen die niet onder 1 T.E.M 7 vallen	0,00 W/m·K

(1) Met uitzondering van funderingsaanzet

(2) Voor een buitenhoek moet de hoek α – gemeten tussen de twee binnenoppervlakken – voldoen aan: $0^\circ < \alpha < 180^\circ$.

(3) Voor een binnenhoek moet de hoek α – gemeten tussen de twee binnenoppervlakken – voldoen aan: $180^\circ < \alpha < 360^\circ$.

(4) Verschillende types bouwknopen waarvan de typologieën moeilijk opsplitsbaar zijn, mogen worden beschouwd als een gecombineerde bouwknop.





Cellulair glas
 – FOAMGLAS® PERINSUL S
 – FOAMGLAS® PERINSUL HL

FOAMGLAS® PERINSUL: dé oplossing voor een doorlopende thermische isolatielaag

FOAMGLAS® PERINSUL werd specifiek ontwikkeld om een doorlopende thermische isolatielaag te kunnen realiseren. PERINSUL-blokken voldoen aan basisregel 2 van voorwaarde 1 (tussenvoeging van isolerende delen).

FOAMGLAS® PERINSUL is een thermisch isolerend, dragend en absoluut vochtresistent element dat bestaat uit cellulair glas. De beide zijden zijn bedekt met bitumen, een glasvlies en een polyethyleenfilm. De zijkanten worden afgewerkt met bitumen.

FOAMGLAS® PERINSUL heeft – in tegenstelling tot bijvoorbeeld beton en baksteen – een zeer gunstige isolatiewaarde. PERINSUL geleidt noch warmte noch koude. Dankzij het tussenvoegen van PERINSUL-blokken wordt de isolatie niet onderbroken en blijft de thermische snede behouden.

FOAMGLAS® PERINSUL is dé oplossing voor koudebruggen. Dankzij FOAMGLAS® PERINSUL hebben gebouwen:

- Geen ongeoorloofd warmteverlies (voldoen ze aan de minimale f-factor)
- Een betere K-waarde
- Bouwknopen met een zeer gunstige psi-waarde
- Een gezond binnenklimaat
- Geen oppervlaktecondensatie
- Geen schimmelproblemen
- Geen geurhinder
- Geen vochtproblemen

Volgens basisregel 2 van voorwaarde 1 moeten isolerende delen die worden tussengevoegd voldoen aan drie voorwaarden:

1. Uit isolerend materiaal bestaan, λ -waarde-eis: $\lambda \leq 0.2 \text{ W/mK}$
2. Voldoende warmteweerstand hebben, R-waarde-eis: $R \geq \min(R1/2, R2/2, 2)$
3. Voldoende contact maken met de isolatielagen, Contactlengte-eis: $d_{\text{contact}} \geq \frac{1}{2} \cdot \min(d_{\text{insulating part}}, dx)$

Mits het respecteren van de contactlengte-eis biedt FOAMGLAS® drie mogelijke oplossingen:

1. PERINSUL S van 10 cm dik en met een lambdawaarde van 0,050 W/mK. In dit geval is de R-waarde 2 m²K/W.
2. PERINSUL HL van 12 cm dik en met een lambdawaarde van 0,058 W/mK. De R-waarde is dan 2,06 m²K/W.
3. Wanneer de bouwknop individueel wordt ingerekend, is een PERINSUL-blok van 5 cm al voldoende. 5 cm Perinsul heeft immers een berekende psi-waarde die lager ligt dan de psi-limietwaarde die door de EPB wordt opgegeven.

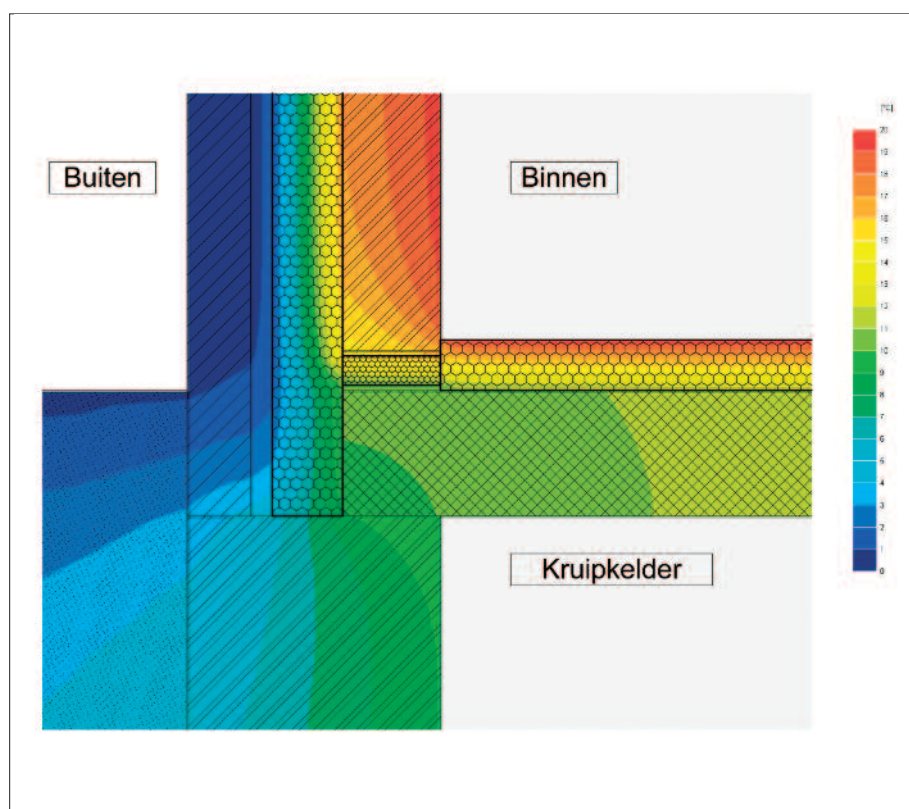
De tekeningen en tabellen op de volgende pagina's tonen dit aan.

Funderingsaanzet kruipkelder

(wand kruipkelder in holle betonblokken)

Perinsul HL Dikte in cm	U-wand W/m ² K	U-vloer W/m ² K	psi (Ψ_e) W/mK	f-factor	min. temp. °C
5	0,361	0,352	-0,125	0,84	16,8
5	0,287	0,314	-0,1	0,865	17,3
5	0,22	0,283	-0,078	0,878	17,56
5	0,142	0,143	-0,037	0,902	18,04
5	0,097	0,099	-0,025	0,92	18,4
Buitentemperatuur 0 °C			Binnentemperatuur 20 °C		

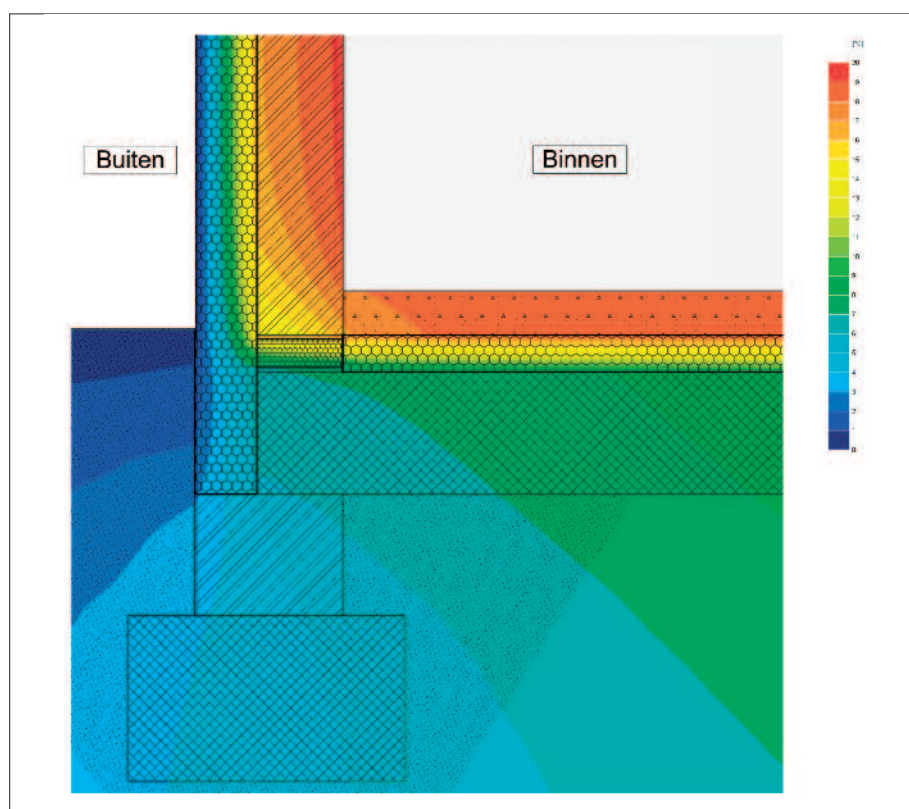
Wanneer psi (Ψ_e) kleiner is dan of gelijk is aan 0,00 W/m·K is het een EPB-aanvaarde bouwknop en vermindert het K-peil.



Funderingsaanzet met gevelisolatie

Perinsul HL Dikte in cm	U-wand W/m ² K	R-vloer m ² K/W	psi (Ψ_e) W/mK	f-factor	min. temp. °C
5	0,351	1,28	-0,06	0,876	17,52
5	0,351	2,725	-0,048	0,89	17,8
5	0,28	1,53	-0,035	0,888	17,76
5	0,28	3,07	-0,028	0,9	18,0
5	0,234	2,018	-0,022	0,898	17,96
5	0,234	3,76	-0,0173	0,908	18,16
5	0,147	6,86	0	0,927	18,54
5	0,097	10,31	0,009	0,941	18,82
Buitentemperatuur 0 °C			Binnentemperatuur 20 °C		

Wanneer psi (Ψ_e) kleiner is dan of gelijk is aan 0,05 W/m-K is het een EPB-aanvaarde bouwknoop en vermindert het K-peil.

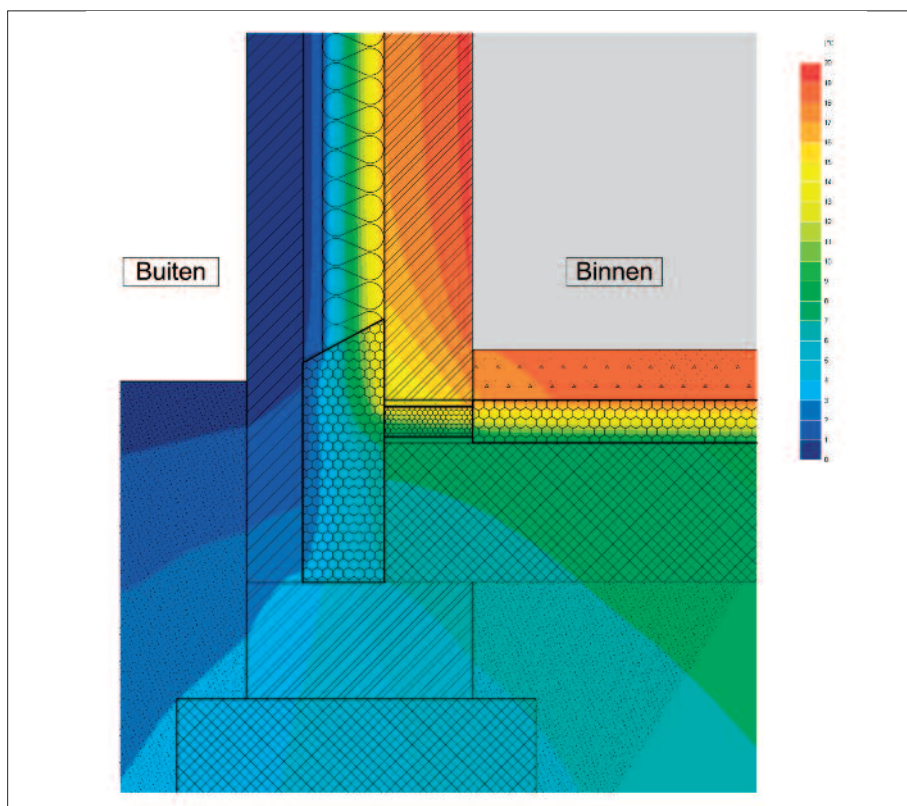


Funderingsaanzet met spouwisolatie

Perinsul HL Dikte in cm	U-wand W/m ² K	R-vloer m ² K/W	psi (Ψ_e) W/mK	f-factor	min. temp. °C
5	0,361	1,28	-0,059	0,88	17,6
5	0,361	2,725	-0,051	0,892	17,84
5	0,287	1,53	-0,026	0,887	17,74
5	0,287	3,07	-0,023	0,897	17,94
5	0,22	2,018	-0,007	0,898	17,96
5	0,22	3,76	-0,005	0,907	18,14
5	0,142	6,86	0,01	0,925	18,5
5	0,097	10,31	0,01	0,941	18,82

Buitentemperatuur 0 °C Binnentemperatuur 20 °C

Wanneer psi (Ψ_e) kleiner is dan of gelijk is aan 0,05 W/m-K is het een EPB-aanvaarde bouwknoop en vermindert het K-peil.

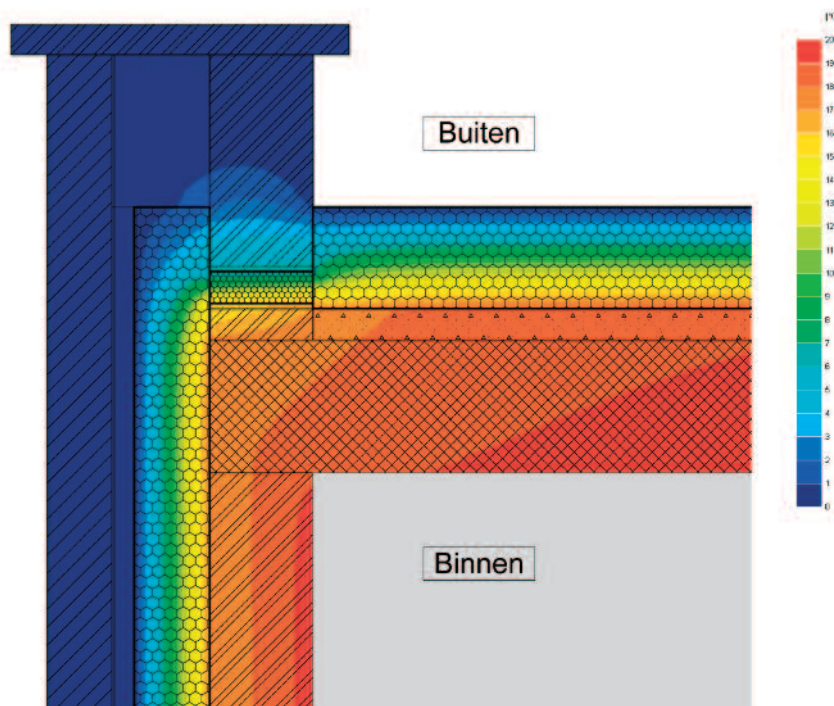


Dakopstand

(dakconstructie in beton)

Perinsul S Dikte in cm	U-wand W/m ² K	U-dak W/m ² K	psi (Ψ_e) W/mK	f-factor	min. temp. °C
5	0,361	0,291	-0,044	0,899	17,98
5	0,287	0,255	-0,039	0,914	18,28
5	0,22	0,227	-0,034	0,927	18,54
5	0,142	0,146	-0,026	0,947	18,94
5	0,097	0,097	-0,025	0,961	19,22
Buitentemperatuur 0 °C			Binnentemperatuur 20 °C		

Wanneer psi (Ψ_e) kleiner is dan of gelijk is aan 0,00 W/m·K is het een EPB-aanvaarde bouwknop en vermindert het K-peil.

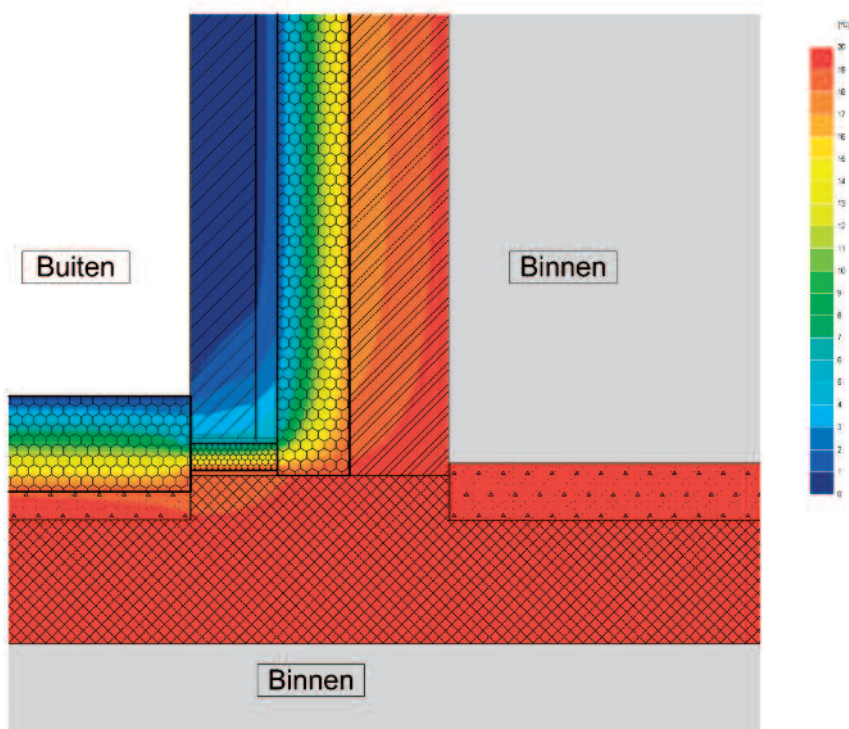


Terras / platform

(onderliggende en naastliggende ruimte, verwarmd)

Perinsul S Dikte in cm	U-wand W/m ² K	U-dak W/m ² K	psi (Ψ_e) W/mK	f-factor	min. temp. °C
5	0,361	0,291	0,118	0,953	19,06
5	0,287	0,255	0,118	0,963	19,26
5	0,22	0,227	0,117	0,971	19,42
5	0,142	0,146	0,116	0,982	19,64
5	0,097	0,097	0,108	0,986	19,72
Buitentemperatuur 0 °C			Binnentemperatuur 20 °C		

Wanneer psi (Ψ_e) kleiner is dan of gelijk is aan 0,15 W/m·K is het een EPB-aanvaarde bouwknoop en vermindert het K-peil.



Cellulair glas: een materiaal met uitzonderlijke eigenschappen

FOAMGLAS® PERINSUL is gemaakt van cellulair glas, een isolatiemateriaal met uitzonderlijke eigenschappen. Cellulair glas is het enige isolatiemateriaal dat zijn oorspronkelijke eigenschappen blijft behouden, zelfs bij een overstroming, brand of bij hoge belasting.

Deze unieke eigenschappen dankt FOAMGLAS® cellulair glas aan zijn unieke structuur: hermetisch gesloten cellen met glazen wanden die zijn gevuld met een sterk isolerend inert glas. Deze cellen ontstaan door de expansie van zuiver glas dat na het schuimproces onder gecontroleerde omstandigheden wordt afgekoeld.



- 1 Waterdicht** De hermetisch gesloten glascellen maken FOAMGLAS® volledig ondoordringbaar voor vocht, zowel tijdens als na de bouw. FOAMGLAS® is volledig en blijvend waterdicht, zelfs bij neerslag, slagregen of een overstroming. FOAMGLAS® is ook volstrekt onrotbaar. FOAMGLAS® blijft decennialang, winter en zomer, droog en doeltreffend.
- 2 Bestand tegen ongedierte** De cellenstructuur van FOAMGLAS® voorkomt elke aantasting door knaagdieren, micro-organismen en mieren. Dit voordeel is vooral van belang bij ondergrondse toepassingen. FOAMGLAS® vormt geen basis voor nesten, broed- of kiemplaatsen. Dat maakt het bij uitstek geschikt voor gebouwen voor de voedingsindustrie.
- 3 Drukbestendig** FOAMGLAS® heeft een zeer hoge drukweerstand. FOAMGLAS® is het enige isolatiemateriaal dat zelfs bij langdurige belasting niet vervormt.
- 4 Onbrandbaar** Cellulair glas is onbrandbaar (Europese klassering A1), ontwikkelt geen rook, vormt geen giftige gassen, kent geen druppelvorming, en veroorzaakt geen vlamoverslag. FOAMGLAS® kan zonder gevaar worden opgeslagen en verwerkt. Bij brand verspreidt FOAMGLAS® geen vuur via de spouwruimte.
- 5 Waterdampdicht** FOAMGLAS® is het enige isolatiemateriaal dat volstrekt waterdampdicht is. Waterdamp kan er niet indringen, en er dus ook niet in condenseren. FOAMGLAS® kan niet vochtig worden en kan dus ook worden gebruikt als vochtwering. FOAMGLAS® verhindert eveneens het indringen van radongas.
- 6 Maatvast** Glas krimpt nauwelijks en zet ook maar heel weinig uit. De uitzettingscoëfficiënt is vergelijkbaar met die van staal en beton. Bij temperatuurschommelingen en bij wijzigingen in de luchtvochtigheid is er geen gevaar voor verzakking of open voegen.
- 7 Ongevoelig voor chemische stoffen** Puur glas kan niet worden beschadigd door chemische stoffen, meststoffen of aardolieproducten.
- 8 Gemakkelijk te verwerken** Aangezien FOAMGLAS® is samengesteld uit glascellen met dunne wanden, is het materiaal gemakkelijk te verwerken. Eenvoudige werktuigen zoals een handzaag volstaan.
- 9 Milieuvriendelijk** FOAMGLAS® is volstrekt onschadelijk voor mens en milieu. FOAMGLAS® is vrij van milieubelastende brandremmers en drijfgassen en bestaat voor 60% uit hoogwaardig gerecycleerd glas. Voor de productie wordt uitsluitend gebruik gemaakt van groene stroom. Na tientallen jaren dienst als thermische isolatie kan FOAMGLAS® zinvol worden gerecycleerd in de vorm van granulaat.

De ideale tussenvoeging voor de funderingsaanzet

Klassieke zwakke punten in een gebouw zijn koudebruggen ter hoogte van opgaand metselwerk. PERINSUL-blokken zijn hiervoor de ideale oplossing. Dankzij de toevoeging van FOAMGLAS® PERINSUL kan de thermische snede behouden blijven. FOAMGLAS® PERINSUL is het enige warmte-isolerende en dragende element dat de koudebrug aan de voet van een muur volledig én langdurig kan opvangen.



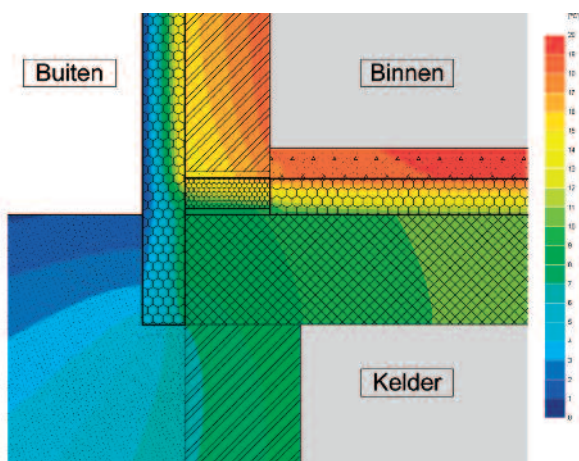
Isoleren met FOAMGLAS® PERINSUL

De draagkrachtige, warmte-isolerende FOAMGLAS® PERINSUL-blokken dichten de kloof in de warmte-isolatie tussen de muurisolatie aan de buitenzijde en de isolatie van de vloer.

Dit zorgt voor een continue en hoogst doeltreffende warmte-isolatie.

Het gevolg:

- Een stijging van de oppervlaktetemperatuur binnenshuis, en daardoor een verminderd risico op schimmelvorming en condensatie.
- Een gezond binnenklimaat.
- Minder warmteverlies en bijgevolg een besparing op de verwarmingskosten.

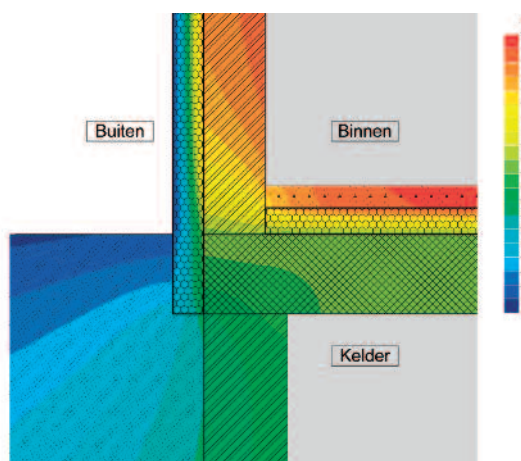


Geen speciale voorzieningen

Wanneer voor de funderingen geen speciale voorzieningen worden genomen, onderbreekt het verticale metselwerk de warmte-isolerende schil tussen de muurisolatie aan de buitenzijde en de isolatie van de vloer. Door het hoge thermische geleidingsvermogen van bakstenen in verticale richting ($\lambda > 0,2 \text{ W/mK}$) ontstaat op die manier een belangrijke koudebrug op de fundering van het gebouw.

Dit betekent:

- Een daling van de oppervlaktetemperatuur binnenshuis, gecombineerd met een risico op verkleuring, schimmelvorming en condensatie.
- Een toename van warmteverlies, resulterend in hogere verwarmingskosten.





FOAMGLAS® PERINSUL
isolatie

Muurisolatie dieper in de grond

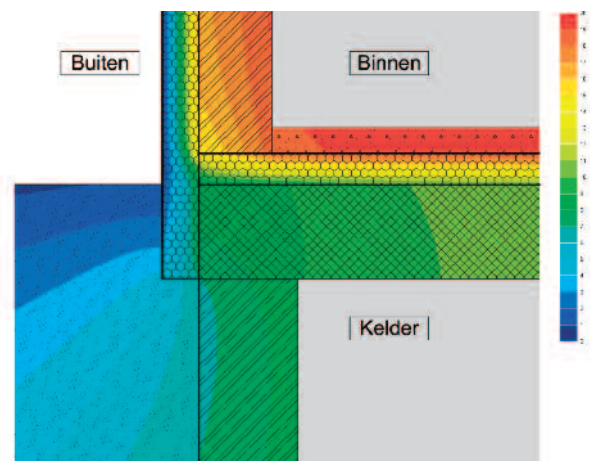
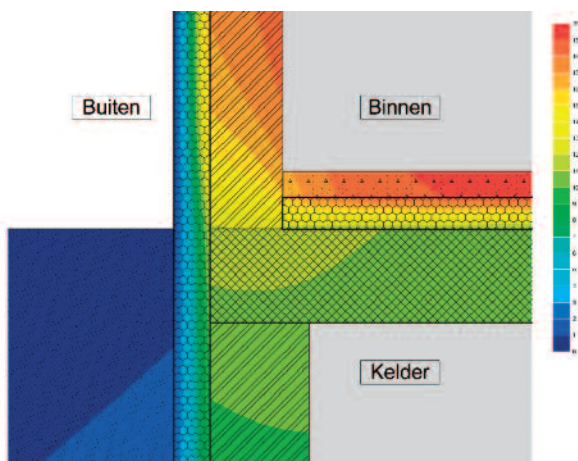
Om koudebruggen in de fundering te vermijden, kan de isolatie aan de buitenzijde van een muur dieper in de grond worden geleid.

Deze ingreep is heel duur en het isolerende effect is beperkt tot een diepte van ongeveer 0,5 m.

Theoretisch ideaal geïsoleerde fundering

De theoretisch ideale situatie is een compleet gesloten warmte-isolerend omhulsel.

In de praktijk is deze opbouw constructief niet realiseerbaar.



FOAMGLAS®: het enige isolatiemateriaal dat zijn lambdawaarde blijft behouden

Alle bouwmaterialen geleiden de warmte. In welke mate dat gebeurt, blijkt uit de lambdawaarde (de warmtegeleidingscoëfficiënt). Deze waarde wordt sterk beïnvloed door de eventuele aanwezigheid van vocht in het bouw materiaal. Hoe hoger de absorptiecapaciteit van een bouw materiaal, des te aanzienlijker de lambdawaarde kan verminderen. Dankzij zijn absolute water- en waterdampdichtheid is FOAMGLAS® het enige isolatiemateriaal dat zijn lambdawaarde blijft behouden.

Andere bouwstenen dan FOAMGLAS® kunnen vocht opnemen. Vochtige bouwstenen hebben een aanzienlijk hogere warmtegeleidingscoëfficiënt dan de λ -waarden die in de technische fiches staan aangegeven. De waarden in de technische fiches zijn immers gebaseerd op ideale, droge omstandigheden.

Neem bijvoorbeeld cellenbeton. Cellenbeton dat onder opgaand metselwerk wordt geplaatst, staat in contact met vocht dat afkomstig is uit de onderliggende lagen en door capillariteit naar de isolatielaag migreert. Cellenbeton absorbeert eveneens water dat werd gebruikt voor de aanmaak van de chape.

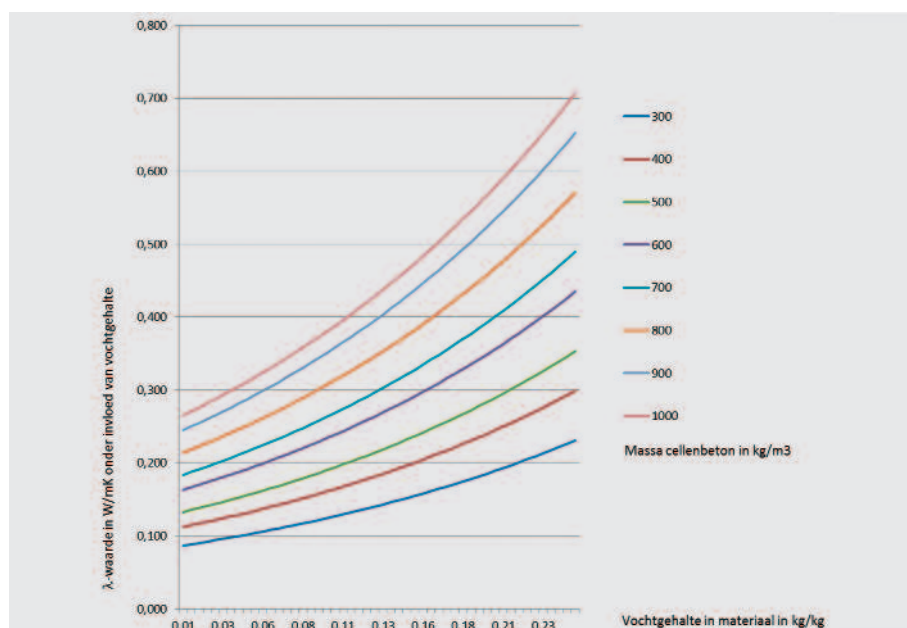
Voor elk 10%-gewichtsaandeel aan vocht neemt het warmtegeleidingsvermogen van cellenbeton toe met 50%. Bij vochtig cellenbeton kan de lambdawaarde oplopen van 0,2 tot 0,6 W/mK, waardoor cellenbeton niet langer voldoet aan de 0,2 W/mK-eis (minimum lambdawaarde volgens basisregel 2 van de eisen voor EPB-bouwknopen). Gangbare types cellenbeton (500 en 600 kg/m³) overschrijden de grens van 0,2 W/mK al bij een gewichtsaandeel aan vocht van 11 respectievelijk 6%.

Door middel van FEM-simulatie stelde het Fraunhofer Institut für Bauphysik vast dat het daadwerkelijke warmtegeleidingsvermogen van absorberende bouwstenen niet alleen gedurende de bouw fase aanzienlijk hoger is dan de aangegeven λ -waarde, maar ook tijdens de vele jaren dat een nieuw gebouw moet uitdrogen. Vocht dat tijdens de bouw fase onderaan een muur wordt geabsorbeerd, kan tengevolge van de eerste laag bouwstenen immers maar heel langzaam en gradueel verdwijnen.

Vocht heeft op FOAMGLAS® PERINSUL geen effect. FOAMGLAS® PERINSUL-blokken absorberen geen water, waardoor ze, wanneer ze als een eerste laag bouwstenen worden gebruikt, eigenlijk fungeren als barrièrelaag. Zo is de thermische isolatie van meet af aan gegarandeerd, zonder dat daarvoor tijdens de bouw fase dure en omslachtige maatregelen nodig zijn.

FOAMGLAS®-cellenglas is het enige isolatiemateriaal dat van vocht absoluut geen hinder ondervindt. Dankzij zijn hermetisch gesloten glascellen is FOAMGLAS® volstrekt ondoordringbaar, zowel tijdens als na de bouw werken. Een bijkomend dampscherm aanbrengen is niet nodig: FOAMGLAS® is isolatie en dampscherm in één.

FOAMGLAS® is het enige isolatiemateriaal dat absoluut waterdicht is en dat ook blijft, zelfs bij overstroming of bij de hevigste slagregen. FOAMGLAS® is eveneens het enige isolatiemateriaal dat volstrekt waterdampdicht is. De waterdamp kan er niet indringen, en er dus ook niet condenseren. FOAMGLAS® blijft winter en zomer, volgens talrijke praktijkvoorbeelden meer dan 50 jaar lang, droog en doeltreffend. Zijn lambdawaarde verandert niet. Vanaf het moment van de plaatsing blijft het isolerend effect van FOAMGLAS® constant, en dit gedurende de hele levensduur van het isolatiemateriaal.



- Bron: Fraunhofer Institut für Bauphysik
- EN-ISO 10456



Onderzoek, TU Eindhoven

Samenvatting van het uitgevoerde onderzoek: **PERINSUL S** en **PERINSUL HL** (Eurocode 6, ETA), 2010-2012

Groot draagvermogen en kleine vervormingen

FOAMGLAS® PERINSUL-blokken bestaan uit eenzelfde homogene grondstof: cellulair glas. Ze zijn niet opgebouwd uit verschillende materialen of lagen met verschillende eigenschappen. Dat verklaart de relatief grote drukvastheid en kleine indrukking evenals het behoud van het isolerend vermogen.

Een isolerend materiaal dat wordt toegepast in of onder gemetselde muren moet het gewicht van de muur en alle belastingen die via de muren op de funderingen worden overgebracht, kunnen dragen.

Om de draagkracht van FOAMGLAS® PERINSUL bij dragende gemetselde wanden te bepalen, heeft de leerstoel Steenconstructies van de Technische Universiteit Eindhoven onder toezicht van SGS-Intron een uitgebreid experimenteel onderzoek verricht.

Centrische drukproef

In eerste instantie werden de mechanische eigenschappen van de materialen FOAMGLAS® PERINSUL S en HL onderzocht. Daartoe werden korte en langdurige centrische en excentrische drukproeven uitgevoerd op FOAMGLAS® PERINSUL-blokken van 100x100x100 mm³ en 100x100x

65 mm³ (**Figuur 1 Centrische drukbelasting**). De gemiddelde druksterkte van beide materialen is weergegeven in **tabel 1**.

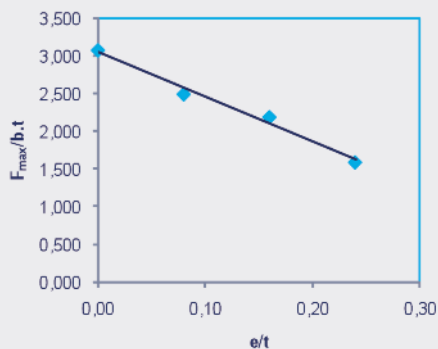
Aangezien bezwijken nagenoeg steeds optreedt in een vlak loodrecht op de belastingsrichting, is de druksterkte onafhankelijk van de vorm van het proefstuk (vormfactor = 1,0). Omwille van de vochtongevoeligheid van cellulair glas moet geen correctiefactor voor het vochtgehalte worden toegepast.

Tabel 1 Gemiddelde druksterkte van FOAMGLAS® PERINSUL S en FOAMGLAS® PERINSUL HL

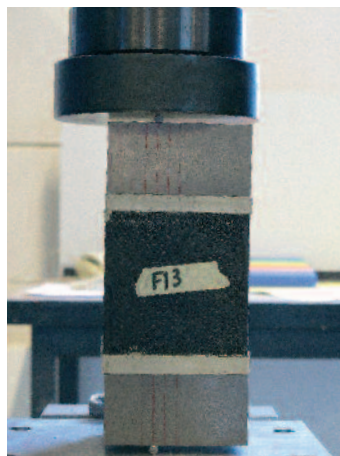
Materiaal	Gemiddelde druksterkte MPa
Perinsul S	2,1
Perinsul HL	2,9



Figuur 1: Centrische drukbelasting op een FOAMGLAS® PERINSUL S-blok met mortellaag ('capping')



Figuur 3: Draagvermogen in functie van de relatieve excentriciteit van een FOAMGLAS® PERINSUL HL-blok.



Figuur 2: Excentrische drukbelasting op een FOAMGLAS® PERINSUL-blok

Excentrische drukproef

In de praktijk wordt een gemetselde wand steeds excentrisch belast. De invloed van de excentriciteit op het draagvermogen van FOAMGLAS® PERINSUL werd onderzocht door middel van drukproeven met verschillende excentriciteiten (**Figuur 2**). Daaruit blijkt dat het draagvermogen lineair afneemt naarmate de excentriciteit toeneemt. De resultaten vallen binnen de toegelaten reductiefactor voor excentrische belasting die in Eurocode 6 is opgenomen, namelijk $\Phi = 1 - 2e/t$ (**Figuur 3**).

Kruipproef

Het langedureffect werd geëvalueerd aan de hand van kruipproeven op FOAMGLAS® PERINSUL-blokken zonder 'capping' (**Figuur 4**). De FOAMGLAS® PERINSUL S proefstukken werden onderworpen aan een constante belasting van 0,5 MPa, terwijl op FOAMGLAS® PERINSUL HL een drukbelasting van 0,8 MPa werd aangebracht. Beide belastingen zijn groter dan de permanente belasting die in de praktijk kan optreden. Zelfs bij deze buitengewone belastingen werd een kruipfactor van minder dan 1,5 gemeten, wat van dezelfde orde van grootte is als baksteen en kalkzandsteen.



Figuur 4: Kruipproeven op FOAMGLAS® PERINSUL-blokken

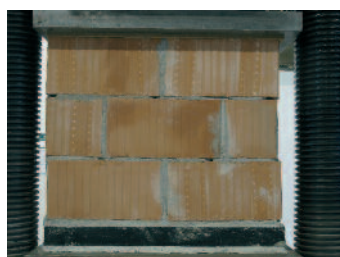
FOAMGLAS® in een gemetselde wand

Nadat het mechanisch gedrag van het materiaal FOAMGLAS® PERINSUL werd geanalyseerd, werd getest hoe FOAMGLAS® PERINSUL zich gedraagt in gemetselde muurtjes van kalkzandsteen (**Figuur 5**), volle baksteen en geperforeerde baksteen (**Figuur 6**). De proeven gebeurden conform de Europese norm EN 1052-1.

Voor de muurtjes met FOAMGLAS® PERINSUL S als koudebrugonderbreking werd een mortelkwaliteit M5 gebruikt, bij FOAMGLAS® PERINSUL HL werd een M10-mortel toegepast. De karakteristieke waarden van het metselwerk met koudebrugonderbreking staan in **tabel 2**.



Figuur 5: Drukproef op gemetseld muurtje van kalkzandsteen met koudebrugonderbreking



Figuur 6: Drukproef op gemetseld muurtje van geperforeerde baksteen met koudebrugonderbreking

Tabel 2 Karakteristieke waarde van metselwerk f_k

		PERINSUL S $f_b = 1,8 \text{ MPa}$	PERINSUL HL $f_b = 2,9 \text{ MPa}$
M5	KZ	1,20	
	P	0,90	
	SB	0,90	
M10	KZ		1,90
	P		1,60
	SB		1,60

M5: mortelklasse M5 5 N/mm² **M10:** mortelklasse M10 10 N/mm²
KZ: kalkzandsteen 327x150x157 mm **P:** keramische volle steen 240x140x100 mm
SB: keramische snelbouwsteen 290x140x140 mm

Berekening draagkracht van een wand met koudebrugonderbreking volgens Eurocode 6

Op basis van deze resultaten kon de draagkracht van een wand met koudebrugonderbreking worden berekend overeenkomstig de principes van Eurocode 6. Daarvoor moet de karakteristieke waarde worden gedeeld door de materiaalfactor γ_M . Deze factor is in elk land afzonderlijk vastgelegd in de nationale bijlage en kan variëren van 1,5 à 3,7. Gezien het brosse karakter van cellenglas werd naar analogie met de werkwijze voor ongewapend beton in Eurocode 2, een brosheidsfactor $\gamma_{M;b} = 1,2$ toegepast.

In formulevorm:

$$f_d = f_k / \gamma_M / \gamma_{M;b}$$

Om de draagkracht van een wand op de plaats van de koudebrugonderbreking na te gaan, moet eerst de excentriciteit aan de onderzijde van de wand worden bepaald. Volgens Eurocode 6 is deze excentriciteit ten minste gelijk aan 5% van de dikte van de wand. Hiermee kan vervolgens de rekenwaarde van de draagkracht aan de onderzijde van de wand worden berekend:

$$N_{Rd} = (1 - e/t) b t f_d$$

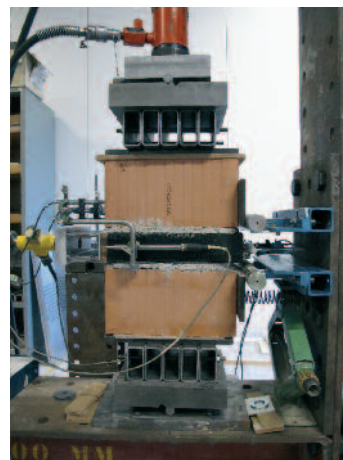
waarin

- b** = breedte van de wand
- t** = dikte van de wand
- e** = excentriciteit van de belasting
- f_d** = de rekenwaarde van de druksterkte van het metselwerk met koudebrugonderbreking

Schuifsterkte

De weerstand die een wand met koudebrugonderbreking heeft tegen horizontale belastingen, de zogenaamde 'schuifsterkte', werd experimenteel bepaald (**Figuur 7**) naar analogie met de proefopstelling conform EN 1052-3.

Uit de resultaten blijkt dat de schuifsterkte met FOAMGLAS® PERINSUL-koudebrugonderbreking groter is dan de minimale waarden die gelden voor metselwerk in milieuklassen MX1 en MX2.



Figuur 7: Proef voor de bepaling van de schuifsterkte

Berekening van de draagkracht van metselwerkwallen volgens Eurocode 6 versus NBN B24-301

De oude **Belgische norm NBN B24-301** liet twee rekenmethoden toe waarmee de sterkte van gemetselde wallen kan worden gecontroleerd:

- de **methode van de toelaatbare spanningen** en
- de **methode van de grenstoelstanden** (breuktoelstand en bedrijfstoelstand).

Bij de eerste methode gebeuren de sterkteberekeningen op basis van de karakteristieke waarden van de belastingen zonder verhogingscoëfficiënten. Bij de tweede methode worden de karakteristieke belastingen vermenigvuldigd met een belastingfactor γ_F . Bij beide methoden wordt de sterkte van het metselwerk bepaald op basis van de karakteristieke waarde gedeeld door een materiaalfactor γ_M . Aangezien beide methoden tot gelijkwaardige resultaten moeten leiden, is de materiaalfactor bij de methode van de toelaatbare spanningen (3,75 tot 5,25) groter dan bij de methode van de grenstoelstanden (1,7 tot 3,5). Bij de sterktecontrole moet eveneens rekening worden gehouden met de excentriciteit van de belasting en met de slankheid van de wand.

De berekening volgens **Eurocode 6 (EC6)** is gebaseerd op de methode van de grenstoelstanden (**uiterste grenstoelstand en bruikbaarheidsgrenstoelstand**) en is vergelijkbaar met de tweede methode uit de oude Belgische norm. Het belangrijkste verschil betreft de berekening van de karakteristieke sterkte van het metselwerk. Volgens Eurocode 6 moet deze waarde berekend worden op basis van de **genormaliseerde gemiddelde druksterkte van de steen f_b** en de **gemiddelde waarde van de druksterkte van de mortel f_m** , terwijl bij de NBN B24-301 werd uitgegaan van de karakteristieke waarde van de druksterkte van de steen. Om de kwaliteit van de stenen te garanderen, stelt Eurocode 6 dat de variatiecoëfficiënt van de druksterkte van de stenen niet hoger mag zijn dan 25%. Eurocode 6 stelt eveneens dat voor stenen die behoren tot categorie II (waarbij geen gecertificeerde kwaliteitscontrole gebeurt) een grotere materiaalfactor moet worden toegepast.

Om de berekening te vereenvoudigen, wordt de genormaliseerde gemiddelde druksterkte f_b meestal door de fabrikant gedeclareerd (CE-markering). De mortelkwaliteit wordt in de Europese regelgeving aangeduid met de letter M gevolgd door de gemiddelde morteldruksterkte f_m in N/mm².

Een M2-mortel conform NBN B24-301 wordt volgens EC6 aangeduid met M12. De meest courante mortelklassen die in de praktijk voorkomen zijn M5 en M10.

Indien de ontwerper geen proeven wenst uit te voeren om de **karakteristieke druksterkte van het metselwerk f_k** te bepalen, kan hij gebruik maken van de volgende formule:

$$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta$$

De factor K en de coëfficiënten α en β zijn voor de verschillende soorten stenen en mortels vastgelegd in de nationale bijlage. Op basis van de karakteristieke druksterkte van het metselwerk wordt de **rekenwaarde van de druksterkte van het metselwerk f_d** als volgt berekend:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$$

De materiaalfactor γ_M is eveneens vastgelegd in de nationale bijlage.

De **rekenwaarde van de opneembare normaalkracht van een wand N_{Rd}** wordt uiteindelijk bepaald door het toepassen van een reductiefactor Φ , die de invloed van de excentriciteit en de slankheid in rekening brengt:

$$N_{Rd} = \Phi b t f_d ,$$

waarin

- b = de lengte van de wand (1000 mm als de belasting per strekkende meter wordt beschouwd) en
- t = de wanddikte.

De reductiefactor Φ kan worden berekend met formules of bepaald uit de grafieken die in EC6 zijn opgenomen. Deze werkwijze is analoog aan de oude Belgische norm. De wand voldoet als voldaan is aan de **sterktevoorwaarde**:

$$N_d \leq N_{Rd} = \Phi b t f_d ,$$

waarin **N_d** de **rekenwaarde van de optredende belasting** op de wand voorstelt.

Technische gegevens

Materiaaleigenschappen

Omschrijving

De drukvaste thermische onderbreking wordt uitgevoerd met cellulair glas FOAMGLAS® PERINSUL. Deze koudebrugoplossing is mogelijk bij onder andere:

- funderingsaanzetten,
- dakranden bij platte daken,
- onder dorpels en ramen.

De isolatie kent geen thermische veroudering. FOAMGLAS® PERINSUL wordt geplaatst in een mortellaag onder het metselwerk, dorpels en ramen. Het materiaal heeft een uniform isolerend vermogen en draagvermogen.

Materiaal

De drukvaste thermische onderbreking wordt uitgevoerd met cellulair glas, FOAMGLAS® PERINSUL, vervaardigd uit minstens 60% gerecycleerd glas. Alle zijden zijn afgewerkt met bitumen. De boven- en onderzijde zijn bijkomend voorzien van een glasvlies en een polyethyleenfilm, compatibel met mortel.

De thermische isolatie is conform de Europese technische specificatie (EN 13167 en ETA) en draagt het CE-merk van overeenkomstigheid evenals het CEB-Keymark. De productie van cellulair glas is gecertificeerd volgens het systeem ISO 9001:2008.

Verpakkingsgegevens:		Lengte 45 cm x dikte 5 cm							
Breedte [cm]	9	11	11,5	14	17,5	19	24	30	36,5
		Lengte 45 cm x dikte 10 cm							
Breedte [cm]	14	19							
		Lengte 45 cm x dikte 12 cm							
Breedte [cm]	14	17,5	19	24					Andere afmetingen zijn verkrijgbaar op aanvraag.

Producteigenschappen volgens EN 13167¹⁾ en ETA²⁾

	STANDARD PERINSUL S	HIGH LOAD PERINSUL HL
Volumemassa (± 15%) (EN 1602)	165 kg/m ³	200 kg/m ³
Dikte (EN 823) ± 2 mm	50, 100 en 120 mm	50, 100 en 120 mm
Lengte (EN 822) ± 2 mm	450 mm	450 mm
Breedte (EN 822) ± 2 mm	van 90 tot 365 mm	van 90 tot 365 mm
Warmtegeleidingscoëfficiënt (EN ISO 10456)	$\lambda_D \leq 0.050 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	$\lambda_D \leq 0.058 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Brandreactie (EN 13501-1)	Euroklasse F (Kernmateriaal A1)	Euroklasse F (Kernmateriaal A1)
Weerstand tegen puntlast (EN 12430)	$PL \leq 1.0 \text{ mm}$	$PL \leq 1.0 \text{ mm}$
Druksterkte (EN 826-A)	$CS \geq 1.6 \text{ MPa}$	$CS \geq 2.75 \text{ MPa}$
Buigingsmodulus van elasticiteit	$E = 1500 \text{ MN/m}^2$	$E = 1500 \text{ MN/m}^2$
BRE Green Guide Rating	C	C
Druksterkte EN 772-1 met mortelcapping ³⁾ gemiddelde waarde	$f_b = 1.8 \text{ MPa}$	$f_b = 2.9 \text{ MPa}$
Karakteristieke druksterkte van metselwerk f_k ³⁾	KZ: kalkzandsteen: 1.20 MPa	KZ: kalkzandsteen: 1.90 MPa
	P: keramische volle steen: 0.90 MPa	P: keramische volle steen: 1.60 MPa
	SB: keramische snelbouwsteen: 0.90 MPa	SB: keramische snelbouwsteen: 1.60 MPa

¹⁾ PERINSUL S: Het CE-merk van conformiteit is een verklaring van conformiteit met de verplichte eisen van CPD, zoals vermeld in EN 13167. Binnen het CEN Keymark-certificaat werden alle vermelde eigenschappen gecertificeerd door een goedgekeurde, genotificeerde en geaccrediteerde derde partij.

¹⁾ PERINSUL HL: Gezien de EN 13167 beperkt is tot een druksterkte van 1.6 N/mm², werd een ETA aangevraagd die moet toelaten de CE-markering voor grotere drukweerstand te garanderen. Hiertoe worden eveneens de eisen van de EN 1996-1-1 (Eurocode 'Metselwerk') in het ETA-toelatingsonderzoek opgenomen.

²⁾ ETA in aanvraag en verwacht in 2012.

³⁾ Getest volgens de principes van de EN 1996-1-1 (Eurocode 6 'Metselwerk'), de muren werden getest volgens EN-1052-1 in MPa of N/mm².

Uitvoering

Vorbereiding van de drager

De drager moet vlak zijn, zodat kan worden gewerkt met een laag mortel van ongeveer 10 tot 15 mm.

De drager moet ook voldoende stabiel en drakbestendig zijn om verzakkingen en verschuivingen te vermijden.

Plaatsing van de isolatie

De plaatsing gebeurt conform de voorschriften van de fabrikant.

De isolatieblokken worden in de mortelspecie geplaatst en met de vlakke onderkant van het truweel voorzichtig aangeklopt totdat de mortelspecie langs alle zijden wegvloeit en een perfecte verkleving wordt bekomen.

Klop nooit op de isolerende blokken met de scherpe kant van een truweel of met een ander scherp voorwerp.

De verticale voegen worden nauw aaneensluitend uitgevoerd zonder mortelspecie.

Zoals bij alle metselwerk dient vorst vermeden te worden.

- Onder metselwerk

De eerste laag metselwerk op de isolatie wordt vol en zat in de plastische mortelspecie geplaatst. Zij moet alle op te vangen lasten volledig over de isolerende blokken spreiden.

Indien het opgaand metselwerk bestaat uit gelijkde blokken, moet de eerste rij op een laag mortel worden geplaatst.

Bij holle betonblokken wordt de eerste laag ondersteboven verwerkt en worden de holttes daarna opgevuld.

- Onder ramen en dorpels

Aangezien de isolatieblokken geen puntbelasting toestaan, moet het raam kunnen steunen op een voldoende dik en breed paneel in vezelcement. Dorpels worden op de isolatieblokken geplaatst in een vol en zat mortelbed.

Belangrijk!

1. De maximaal toegelaten belasting op de isolatieblokken moet door een studiebureau worden berekend volgens Eurocode 6 (NBN EN 1996-1).
2. De maximale lasten mogen nergens worden overschreden, ook niet plaatselijk.
3. Op lange termijn moet de samendrukking ten gevolge van de bitumineuze bekleding kleiner zijn dan 1 mm.
4. Bij het plaatsen van de thermische onderbreking moeten de uitzettings- en zettingsvoegen van de ruwbouw worden gerespecteerd.

www.foamglas.com

FOAMGLAS®
Building

Pittsburgh Corning Europe NV

Afdeling Verkoop Bouw
België & G.H. Luxemburg
Lasne Business Park, Gebouw B
Chaussée de Louvain 431
B - 1380 Lasne
Tel. + 32 (0)2 352 31 82
Fax + 32 (0)2 353 15 99
info@foamglas.be
www.foamglas.be

Pittsburgh Corning Europe NV

Headquarters Europe, Middle East and Africa
Albertkade 1
B - 3980 Tessenderlo
Tel. +32 (0)13 661 721
Fax +32 (0)13 667 854
www.foamglas.com
RPR (Hasselt) 0401.338.785



FOAMGLAS® voldoet aan de voorwaarden van de Zwitserse ELUAT-test (onderzoeksrapport Empa nr. 123544 A, gebaseerd op de succesvolle test van met bitumen beklede FOAMGLAS®-monsters). Conform declaratierooster D.093.09 van de Technische Keuring voor Afval (TVA) mag FOAMGLAS® worden gedeponeerd op een stort voor inerte stoffen.

Stand augustus 2012. Pittsburgh Corning behoudt zich te allen tijde het recht voor de technische productspecificaties te veranderen. De momenteel geldende en actuele waarden vindt u in ons productprofiel op onze homepage onder:
www.foamglas.be

