

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

ENERGIE: BASISPRINCIPES

LENTE 2024

Hoe een gebouw isoleren?

Warmtegeleidend vermogen en bouwknopen



bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels

Julie RENAUX
écorce
LOGEMENT CONSULTANT



- ▶ De uitdagingen verbonden aan de optimalisering van een thermische schil voorstellen
- ▶ Wijzen op de invloed van de transmissieverliezen van de gebouwschil op de globale energiebalans van een gebouw
- ▶ Meegeven van de technische woordenschat met betrekking tot de warmtestromen doorheen de scheidingsconstructies
- ▶ De eenheden en grootteordes toelichten
- ▶ Uitleggen wat bouwknopen zijn, hoe ze te lokaliseren en de goede praktijkregels toelichten



INLEIDING

SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

- ▶ Opake scheidingsconstructies
- ▶ Transparante scheidingsconstructies

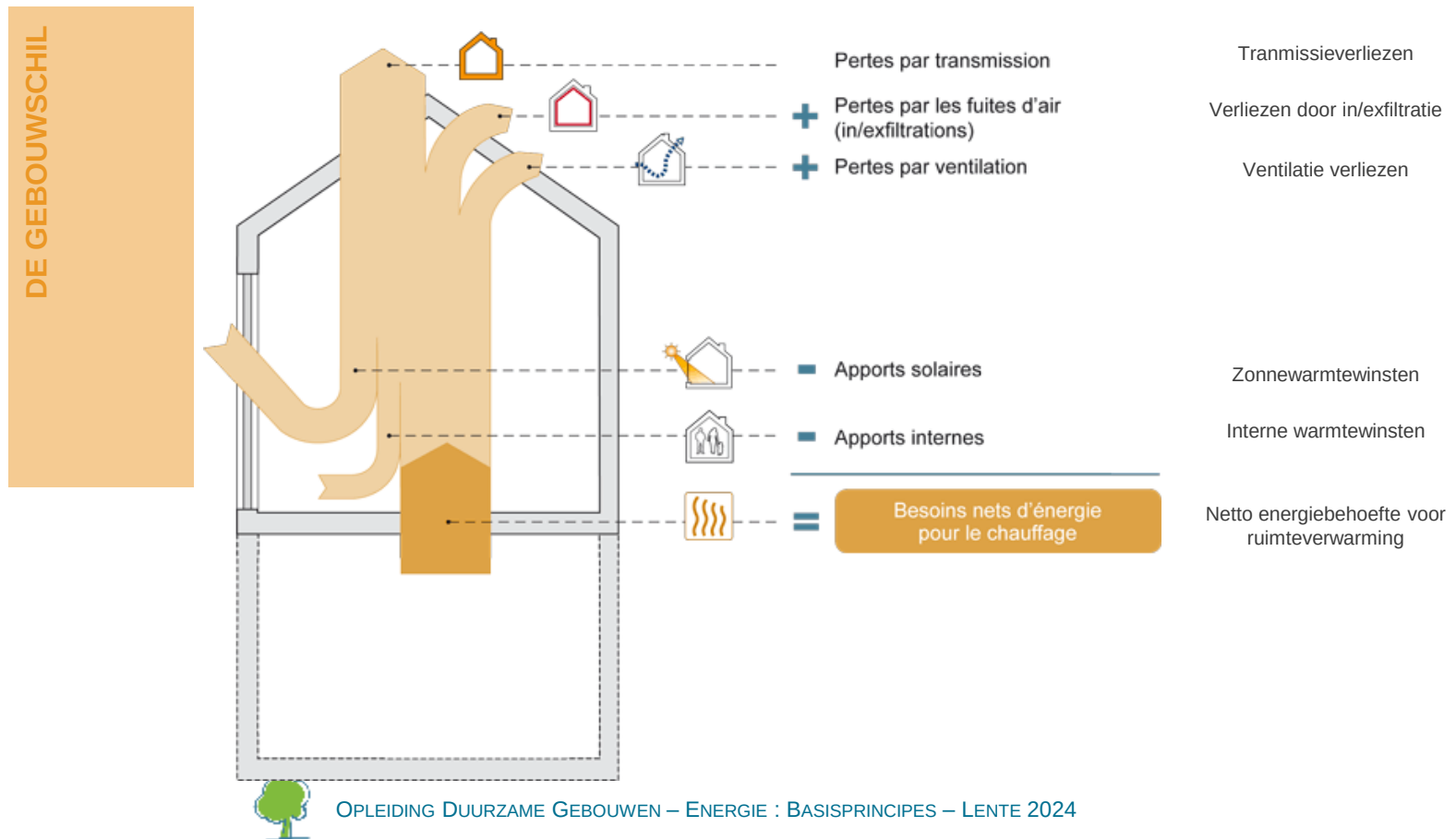
BOUWKNOPEN

- ▶ Definitie en types
- ▶ Lokalisatie
- ▶ Welke invloed?
- ▶ Goede praktijkregels



Energiebalans

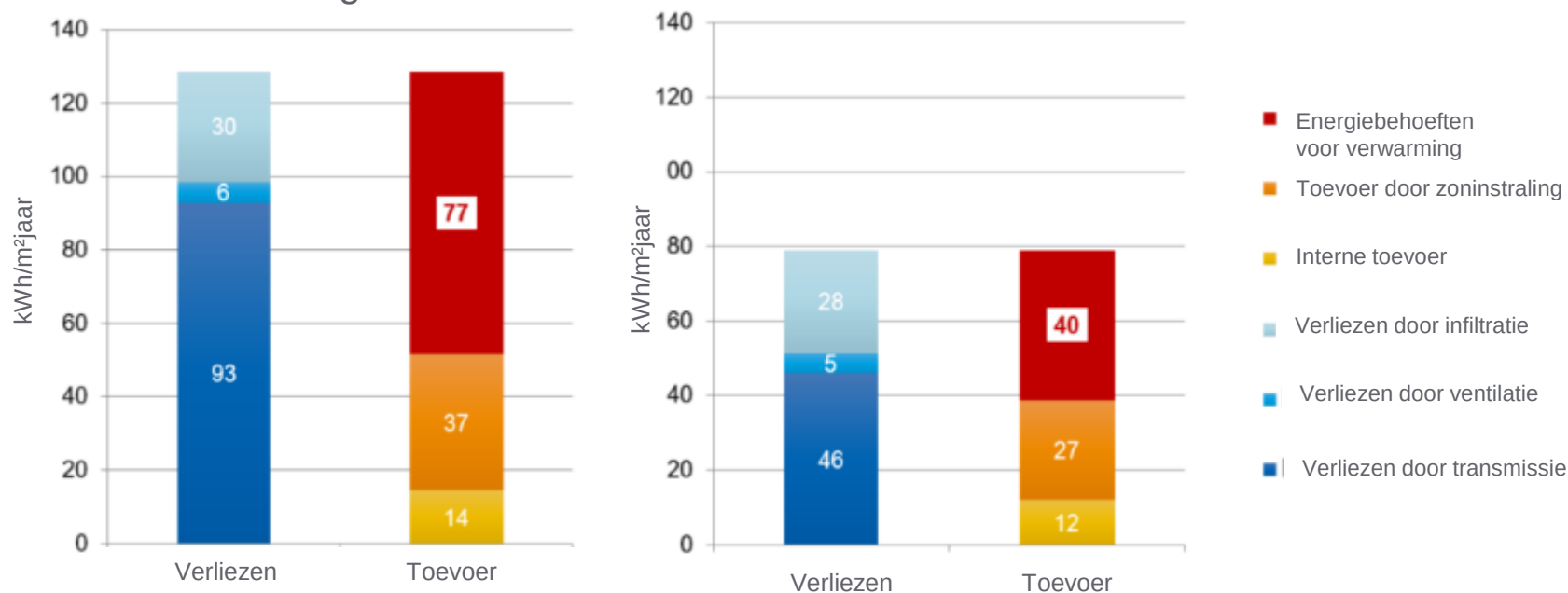
- Netto-energiebehoefte voor de verwarming: *De hoeveelheid energie die na aftrek van de zonnewinsten en interne warmtewinsten vereist is om de verliezen in het beschermde volume te compenseren. Aan deze behoefte wordt voldaan door het verwarmingssysteem.*



WAAROM ISOLEREN?

Energiebalans

- Invloed van de ingrepen aan de gebouwschil op de vermindering van de verwarmingsbehoefte



Balans gebouw “RODE DRAAD” Niet-geoptimaliseerde base case

$$U_{\text{gem, opake scheidingsconstructies}} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{gem, vensters/deuren}} = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Type ventilatie: D

$$\text{Dichtheid (v50)} = 12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$$

Balans gebouw “RODE DRAAD” Geïsoleerde gebouwschil

$$U_{\text{gem, opake scheidingsconstructies}} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{gem, vensters/deuren}} = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Type ventilatie: systeem D

$$\text{Dichtheid (v50)} = 12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$$

Bron: écorce



Uitdagingen

- ▶ De transmissieverliezen beperken
 - Profiteren van de “gunstige” contacten en de dichtheid verbeteren
 - De prestaties van de opake scheidingsconstructies en beheer van de koudebruggen verbeteren
 - De prestaties van de transparante scheidingsconstructies verbeteren
- ▶ Verbetering van het comfort (temperatuur van de scheidingsconstructies)
- ▶ Het vermogen van de verwarmingsinstallaties beperken



INLEIDING

SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

- ▶ **Opake scheidingsconstructies**
- ▶ Transparante scheidingsconstructies

BOUWKNOPEN

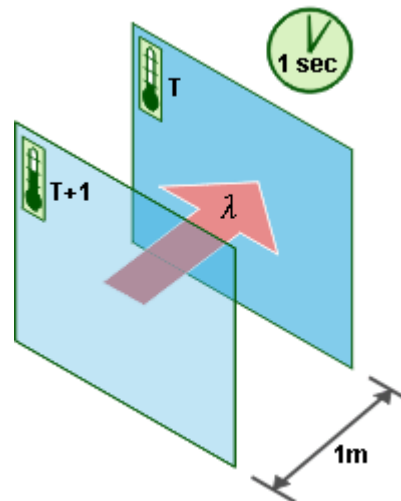
- ▶ Definities en types
- ▶ Lokalisatie
- ▶ Welke invloed?
- ▶ Goede praktijkregels



9 OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

Warmtegeleidbaarheid van een materiaal – λ (W/mK)

- ▶ Hoeveelheid warmte die zich door warmtegeleiding voortplant in een materiaal
 - doorheen 1 m² materiaal
 - van 1 m dik
 - in 1 seconde
 - bij een temperatuurverschil tussen de twee zijden van 1 K (1 K = 1 °C)



Bron: Energie +





Warmtegeleidbaarheid van een materiaal – λ (W/mK)

- Enkele karakteristieke waarden

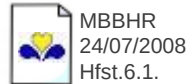
	sec. hum.			Conductivité thermique des matériaux λ en W/m.K
Matériaux isolants	0,028		polyuréthane	
	0,040		laine minérale, liège	
	0,058		vermiculite	
	0,065		perlite	
Bois et dérivés	0,17	0,19	feuillus durs	
	0,12	0,13	résineux	
Maçonneries	0,27	0,41	briques 700-1000 kg/m ³	
	0,54	0,75	briques 1000-1600 kg/m ³	
	0,90	1,1	briques 1600-2100 kg/m ³	
Verre	1,0	1,0		
Béton armé	1,7	2,2		
Pierres naturelles	1,40	1,69	tuft, pierre tendre	
	2,91	3,49	granit, marbres	
Métaux	45		acier	
	203		aluminium	
	384		cuivre	

Bron: Energie +



Totale warmteweerstand van een gebouwschildeel– R_T ($\text{m}^2\text{K/W}$)

$$R_T = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_a + R_{se}$$



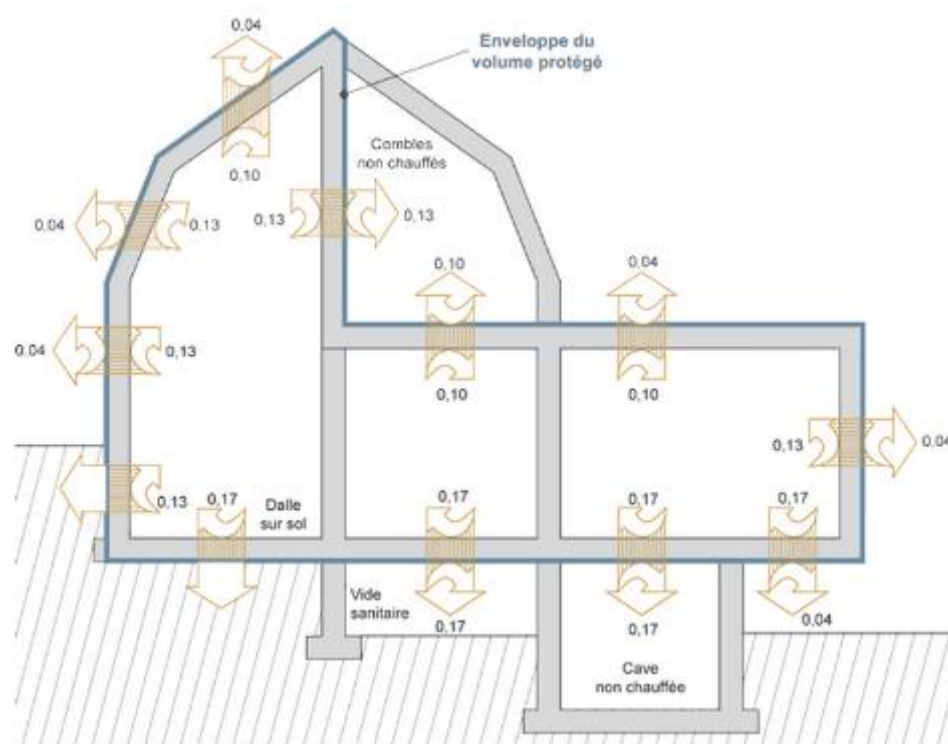
- Som van de gedeeltelijke warmteweerstanden van de lagen waaruit de scheidingsconstructie is samengesteld:
 - Oppervlakteweerstand ten opzichte van buitenomgeving
 - Luchtlagen
 - Materiaallagen
 - Oppervlakteweerstand ten opzichte van binnenomgeving



Totale warmteweerstand van een gebouwschildeel– R_T ($\text{m}^2\text{K/W}$)

$$R_T = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_a + R_{se}$$

- ▶ R_{si} , R_{se} : interne en externe thermische oppervlakteweerstand
- ▶ Afhankelijk van betrokken scheidingsconstructie en richting warmtestroom



Schil van het
beschermd volume

Onverwarmde
zolder

kruipruimte

onverwarmde
kelderruimte

Bron : EPB-gids Waals Gewest

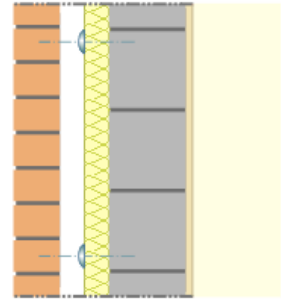


Totale warmteweerstand van een gebouwschildeel– R_T ($\text{m}^2\text{K/W}$)

$$R_T = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_a + R_{se}$$

- $R_{1,2,3,\dots}$: warmteweerstand van elke laag van de scheidingsconstructie
 - Homogene laag

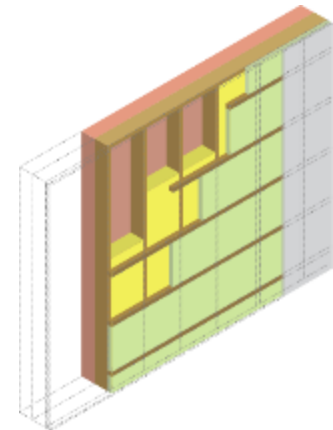
$$R = d / \lambda$$



- Niet-homogene laag → Berekening van een gemiddelde λ

$$\lambda_{U,gem} = [\lambda_{U,mat1} * \%_{mat1}] + [\lambda_{U,mat2} * \%_{mat2}]$$

$$R = d / \lambda_{U,gem}$$



Bron: Energie +

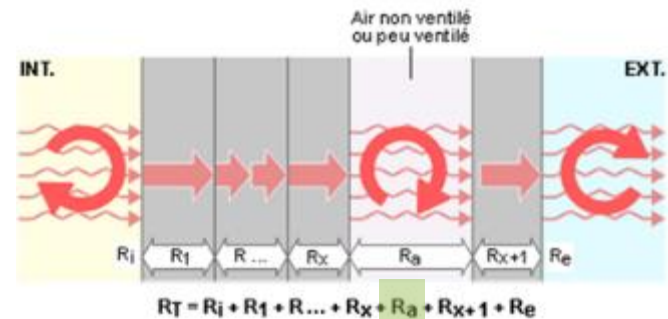


Totale warmteweerstand van een gebouwschildeel– R_T ($\text{m}^2\text{K/W}$)

$$R_T = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_a + R_{se}$$

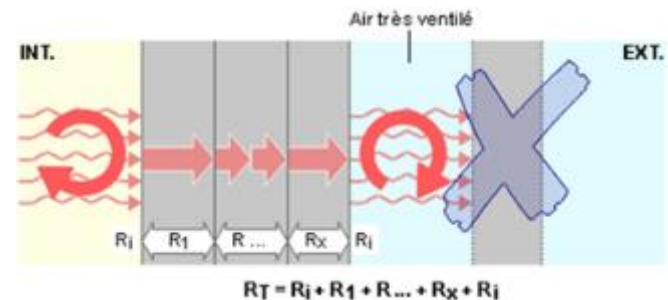
- Warmteweerstand van een eventuele luchtlaag

- Niet geventileerd
- Matig geventileerd



Bron: Energie +

- Sterk geventileerd: verwaarloosd, net als alle andere buitenlagen na de luchtpouw,

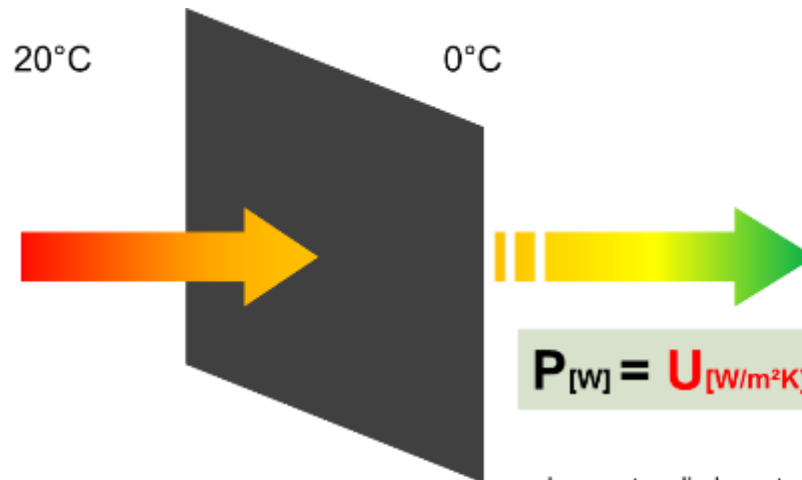


Bron: Energie +



U-waarde [$\text{W/m}^2\text{k}$] van een opake scheidingsconstructie

$$U = 1 / R_T$$



$$P_{[\text{W}]} = U_{[\text{W/m}^2\text{K}]} \times S_{[\text{m}^2]} \times \Delta T_{[\text{K}]}$$

- Les pertes diminuent si U diminue.
- U [$\text{W/m}^2\text{K}$] = le coefficient de transmission thermique de la paroi





EPB-eisen in BHG – $U_{\max}$ -waarden

Constructiedeel	$U_{\max}$ (W/m ² K)
1. SCHEIDINGSCONSTRUCTIES DIE HET BESCHERMD VOLUME OMHULLEN , met uitzondering van de scheidingsconstructies die de scheiding vormen met een aanpalend beschermd volume.	
1.1. TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3), gordijngevels (zie 1.4) en glasbouwstenen (zie 1.5)	$U_{W,\max} = 1.5$ (1) $U_{g,\max} = 1.1$ (2)
1.2. OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3) en gordijngevels (zie 1.4)	
1.2.1. daken en plafonds	$U_{\text{dak}} = 0.24$
1.2.2. muren niet in contact met de grond, met uitzondering van de muren bedoeld in 1.2.4.	$U_{\text{dak}} = 0.24$
1.2.3. muren in contact met de grond	$U_{\text{dak}} = 0.24$ (3)
1.2.4. verticale en hellende scheidingsconstructies in contact met een kruipruimte of met een kelder buiten het beschermd volume	$U_{\text{dak}} = 0.24$
1.2.5. vloeren in contact met de buitenomgeving of boven een aangrenzende onverwarmde ruimte	$U_{\text{dak}} = 0.24$
1.2.6. andere vloeren (vloeren op volle grond, boven een kruipruimte of boven een kelder buiten het beschermd volume, ingegraven keldervloeren)	$U_{\text{dak}} = 0.24$ (3)
1.3. DEUREN EN POORTEN (met inbegrip van kader)	$U_{D,\max} = 2.0$
1.4. GORDIJNGEVELS (volgens prEN 13947)	$U_{\text{CN},\max} = 2.0$ $U_{g,\max} = 1.1$ (2)
1.5. GLASBOUWSTEENWANDEN	$U_{\text{dak}} = 2.0$
1.6. TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES ANDERE DAN GLAS, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3), en gordijngevels (zie 1.4)	$U_{\text{dak}} = 2.0$ (1) $U_{\text{tp},\max} = 1.4$
2. SCHEIDINGSCONSTRUCTIES TUSSEN 2 BESCHERMD VOLUMES (4) , met uitzondering van deuren en poorten	$U_{\text{dak}} = 1.0$
3. VOLGENDE OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES BINNEN HET BESCHERMD VOLUME (5) , met uitzondering van deuren en poorten:	
3.1. TUSSEN 'EPB-WOONEENHEID' EN ALLE ANDERE EPB-EENHEDEN	$U_{\text{dak}} = 1.0$
3.2. TUSSEN 'EPB-EENHEID ANDERE' EN ALLE ANDERE EPB-EENHEDEN	

Bron: Bijlage XXIII (U/R)





Oefening – Berekening U-waarde ($\text{W/m}^2\text{K}$)

- Oefening – Homogene scheidingsconstructie (muur)

Materiaal (int → ext)	Dikte [m]	λ [W/mK]
Plafonnering	0,01	0,52
Betonblok	0,14	1,07
PSE-isolatie	0,3	0,032
Pleister	0,01	0,52

- Oefening – Heterogene scheidingsconstructie (muur)

Materiaal (int → ext)	Verhouding	Dikte [m]	λ [W/mK]
OSB		0,02	0,13
Timmerhout	15%	0,35	0,18
Cellulosewatten	85%	0,35	0,04
Regenscherm paneel houtvezelplaat		0,02	0,13



INLEIDING

SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

- ▶ Opake scheidingsconstructies
- ▶ **Transparante scheidingsconstructies**

BOUWKNOPEN

- ▶ Definitie en types
- ▶ Lokalisatie
- ▶ Welke invloed?
- ▶ Goede praktijkregels



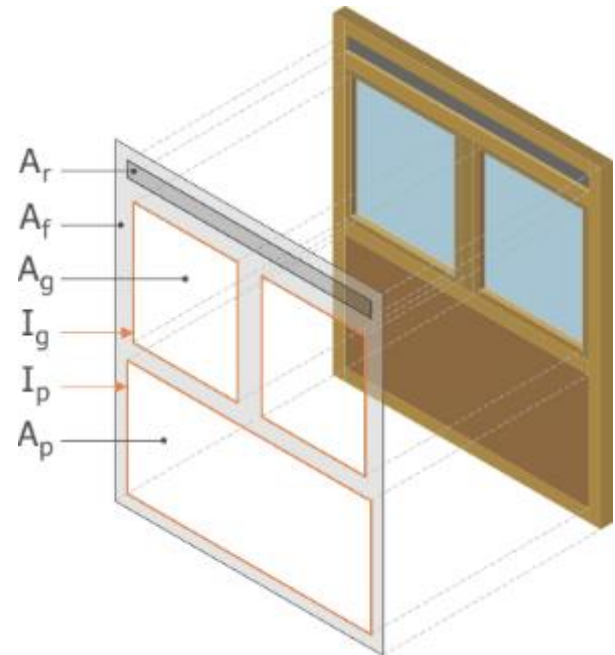
20 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

Warmtedoorgangscoefficiënt – U_w (W/m²K)

- Berekend voor het geheel, hangt af van

- Beglazing: U_g (glass)
- Raamprofiel: U_f (frame)
- Afstandhouder: ψ_g
- (Ventilatie-rooster U_r)
- (Opake panelen U_p)

- $$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + \psi_g \times l) / (A_f + A_g)$$



Bron: Energie +

- Afhankelijk van de glasdikte, spouwdikte, spouwvulling (lucht, argon, krypton ...), aanwezigheid en positie van een reflecterende laag
- U_g -waarde gestaafd door certificaat van de fabrikant volgens NBN EN 673
- U_p -waarde gestaafd door certificaat van de fabrikant volgens NBN EN ISO 10077-1, NBN EN ISO 10077-2



21 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

Warmtedoorgangscoefficiënt – U_w (W/m²K)

- Component U_f raamprofielen (draai-kip), enkele karakteristieke waarden



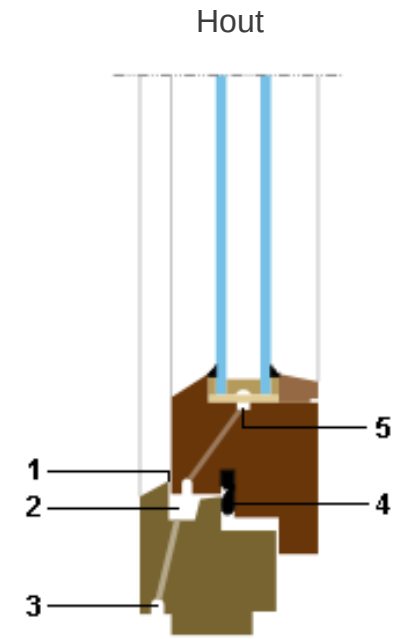
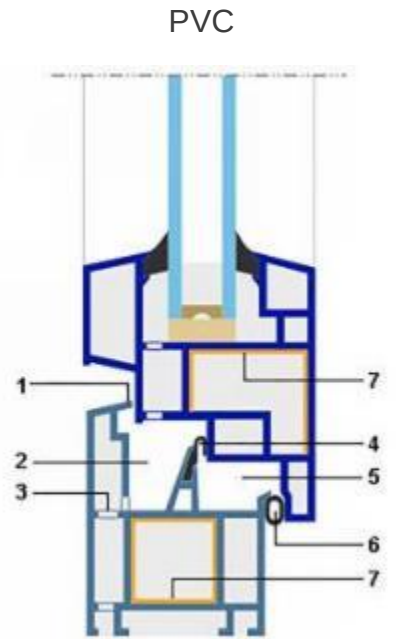
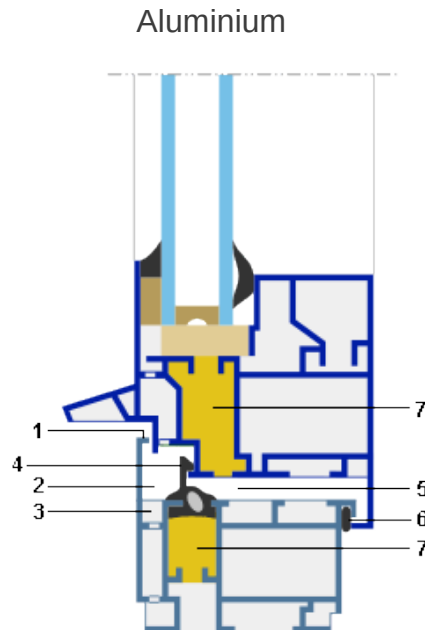
Type profiel	U_f [W/m ² K]
“Standaard” aluminiumprofiel met thermische onderbreking	2,00 – 2,60
“Performant” aluminiumprofiel met thermische onderbreking	1,10 – 1,80
“Hoogrendement” aluminiumprofiel met thermische onderbreking	0,70 – 0,90
PVC-profiel	0,80 – 2,00
Houten profiel 5 cm	2,00 - 2,36
Houten profiel 8 cm	1,50 – 2,00
“Hoogrendement” houten profiel + geïsoleerde aluminium kap	0,60 – 1,00



22 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

Warmtedoorgangscoefficiënt – U_w ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

- Thermische onderbreking



Principedoorsnede van een raamprofiel

Bron: Energie +



23 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

**Warmtedoorgangscoefficiënt – U_w (W/m²K)**

- Component U_g beglazing, enkele karakteristieke waarden

Type beglazing	U_g [W/m ² K]
Enkele beglazing	5,8
“Standaard” dubbele beglazing	1 - 1,1
“Performante” dubbele beglazing	0,8 – 0,9
Drievoudige beglazing	0,4 - 0,8
Maximale EPB-waarde	1,1



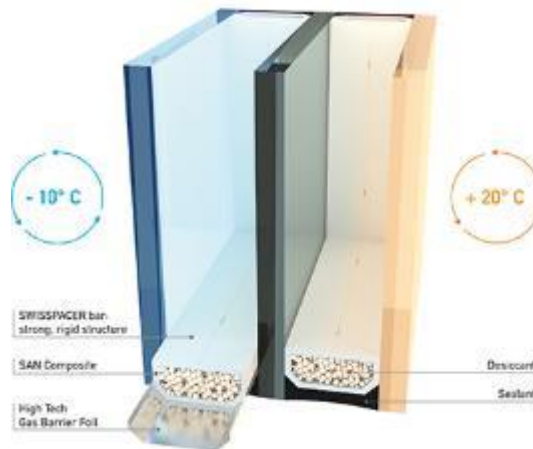
24 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

Warmtedoorgangscoefficiënt – U_w (W/m²K)

- Component ψ_g afstandhouder



Type afstandhouder	λ [W/mK]
Klassieke afstandhouder	$\approx 0,07$
Thermische afstandhouder	$\approx 0,03$



Thermische afstandhouder

Bron: Swisspacer

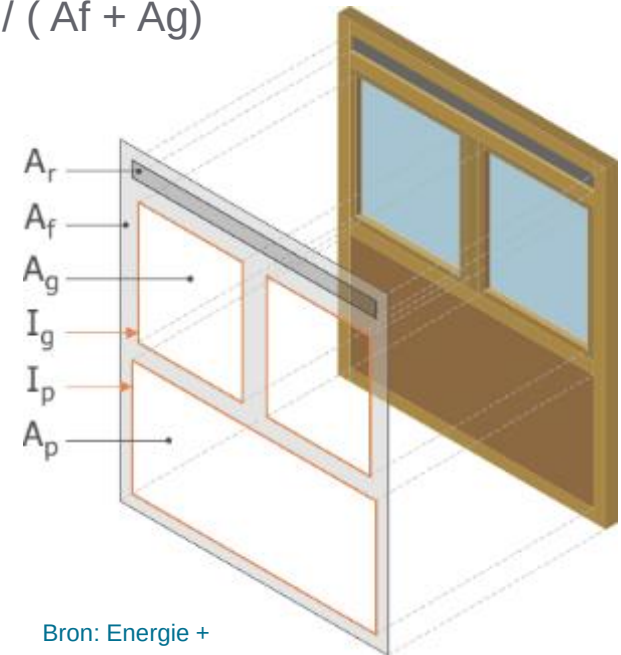
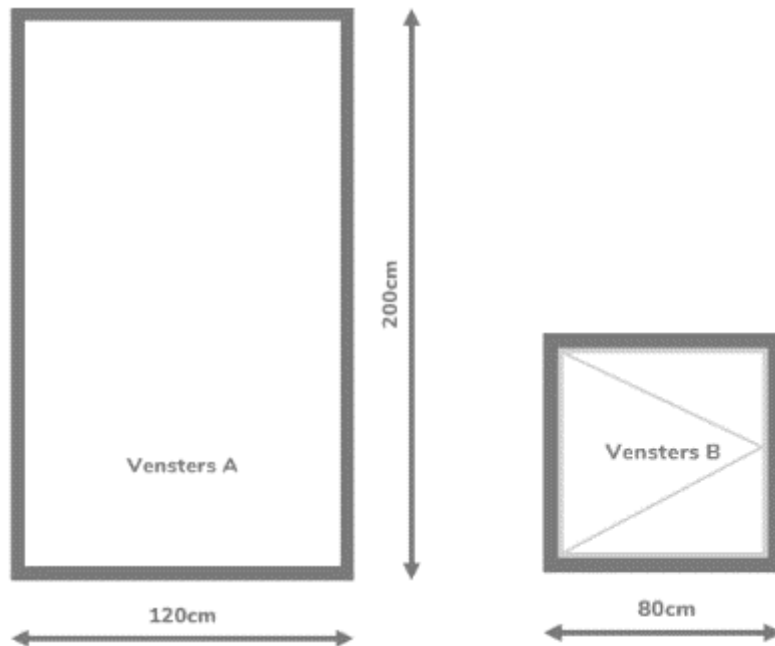


25 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

Oefening – Berekening U_w (W/m^2K)

$$U_w = (U_f \times A_f + U_g \times A_g + \psi_g \times I) / (A_f + A_g)$$

- Voor de vensters A en B
 - Beglazing: $U_g = 1,1 W/m^2K$
 - Raamprofiel $U_f = 2,3 W/m^2K$
 - Afstandhouder $\psi_g = 0,07 W/mK$
 - Dikte raamprofiel: 10 cm



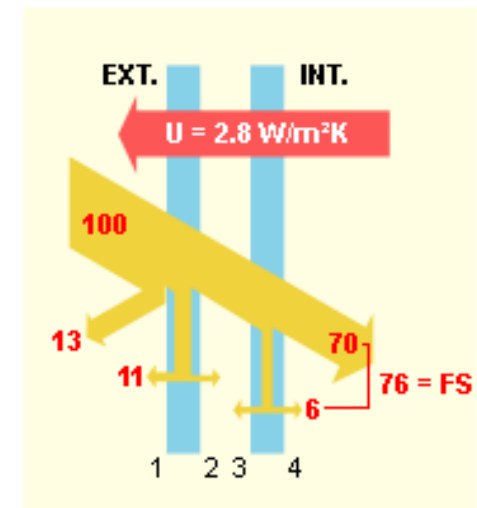
27 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

Andere eigenschappen van de beglazing

- ▶ Zonnewinst/oververhitting
 - Zontoetredingsfactor (F_s of g): de fractie invallende zonne-energie die door de beglazing heen binnenkomt
 - Uitgedrukt in percent (%)



Type beglazing	g
Enkele beglazing	0,85
Dubbele beglazing	0,50-0,70
Zonwerende dubbele beglazing	0,20 - 0,30
Drievoudige beglazing	0,40 – 0,60
Zonwerende drievoudige beglazing	0,20 – 0,40



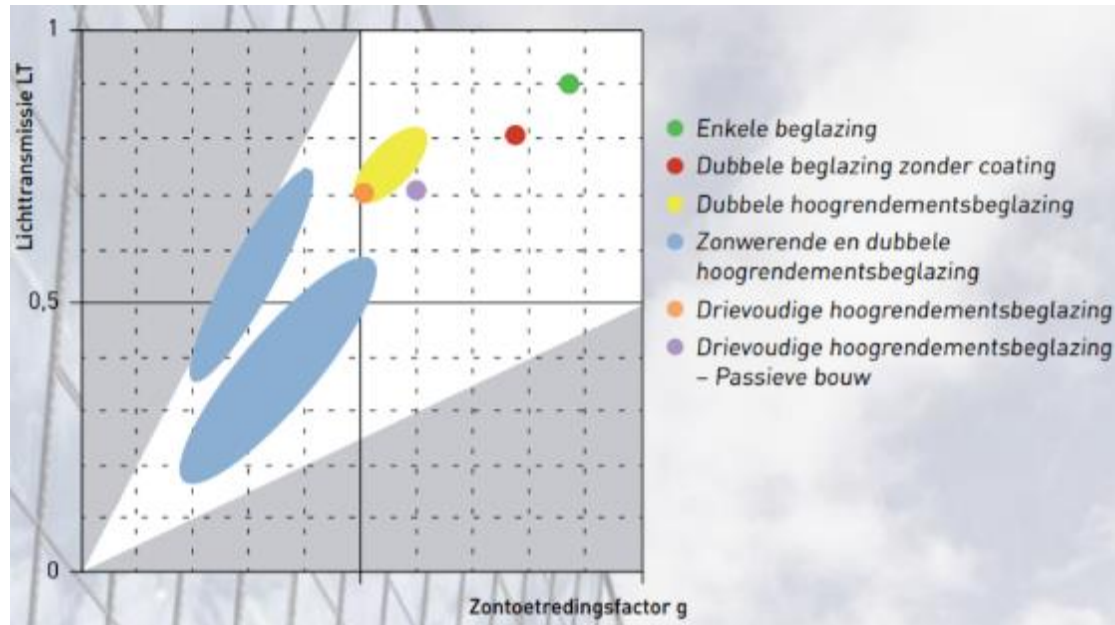
Bron: Energie +



28 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

Andere eigenschappen van de beglazing

- Visueel comfort
 - Lichttransmissie (T_L): deel van de lichtstroom die door de beglazing binnenkomt in het zichtbare spectrum.
 - Uitgedrukt in percent (%)



Source/ Bron : vgi-fiv



INLEIDING

SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

- ▶ Opake scheidingsconstructies
- ▶ Transparante scheidingsconstructies

BOUWKNOPEN

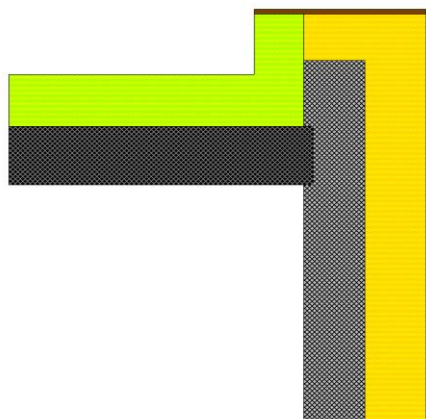
- ▶ **Definitie en types**
- ▶ Lokalisatie
- ▶ Welke invloed?
- ▶ Goede praktijkregels



Bouwknopen → in de thermische zin



- Plaatsen in de gebouwschil waar de warmteweerstand in belangrijke mate verschilt van de rest van de gebouwschil (NBN EN ISO 10211)
- Plaatsen in de gebouwschil waar de warmteoverdracht in 2 of 3 dimensies gebeurt



Doorsnede - materialen

λ	[W/mK]	
2.200		Pleister
1.700		Beton
1.700		Betonblok
0.130		Hout
0.032		EPS
0.023		PUR



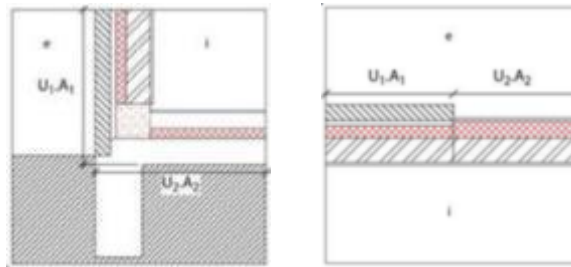
Doorsnede -
warmtestromen

Bron: écorce



Structurele bouwknoop

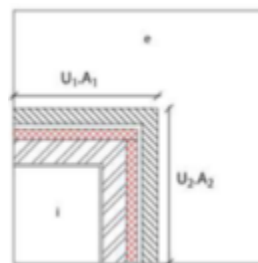
- ▶ onderbreking van de materiaallagen door materialen met een afwijkende warmtegeleidingscoëfficiënt;
- ▶ dikteveranderingen in de materiaallagen.



Bron: TOELICHTINGSDOCUMENT - Volgens "Ontwerp tot wijziging van BIJLAGE IV/V van het EPB-besluit"

Geometrische bouwknoop

- ▶ een verschil tussen binnen- en buitenafmetingen, bijvoorbeeld ter plaatse van hoeken..



Bron: TOELICHTINGSDOCUMENT - Volgens "Ontwerp tot wijziging van BIJLAGE IV/V van het EPB-besluit"

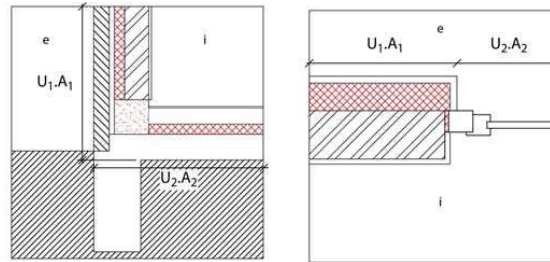
Combinatie tussen structurele en geometrische bouwknoppen



Lineaire bouwknoop

- Lineaire warmtedoorgangscoefficiënt – Ψ_e (W/mK)

$$\Psi_e = (\Phi_{2D} - \Phi_{1D}) / (T_i - T_e)$$

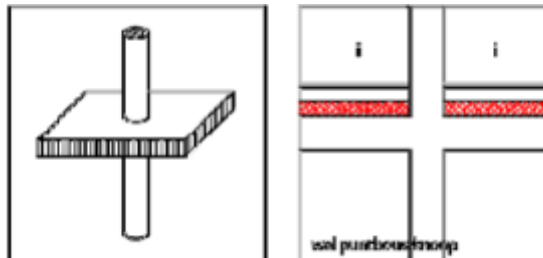


Bron: TOELICHTINGSDOCUMENT - Volgens "Ontwerp tot wijziging van BIJLAGE IV/V van het EPB-besluit

Puntbouwknoop

- Puntwarmtedoorgangscoefficiënt – X_e (W/K)

$$X_e = (\Phi_{3D} - \Phi_{2D}) / (T_i - T_e)$$



Bron: TOELICHTINGSDOCUMENT - Volgens "Ontwerp tot wijziging van BIJLAGE IV/V van het EPB-besluit



Bouwknop → in de thermische ..., maar niet alleen in de thermische zin!

Een bouwknop moet ook bestudeerd worden uit het oogpunt van ...

- ▶ Luchtdichtheid
- ▶ Vochtigheid
- ▶ ...

Bouwknop >< Koudebrug



INLEIDING

SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

- ▶ Opake scheidingsconstructies
- ▶ Transparante scheidingsconstructies

BOUWKNOPEN

- ▶ Definitie en types
- ▶ **Lokalisatie**
- ▶ Welke invloed?
- ▶ Goede praktijkregels

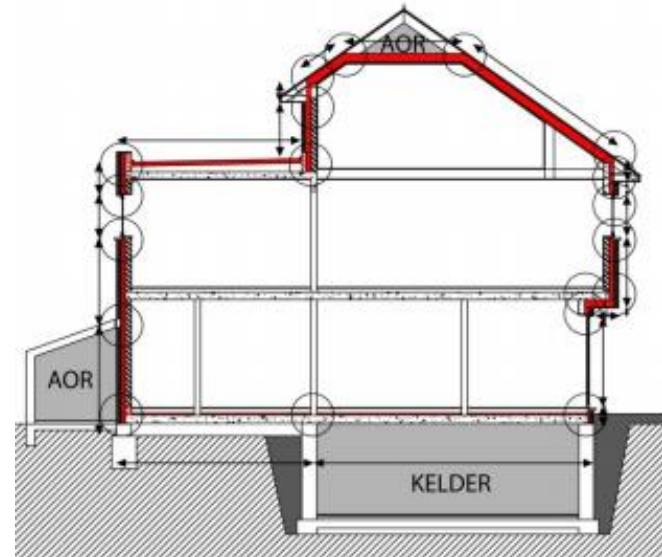


Hoe ze te lokaliseren?

- ▶ Waar twee scheidingsconstructies van het verliesoppervlak samenkomen
- ▶ Waar een scheidingsconstructie van het verliesoppervlak samenkomt met een scheidingsconstructie op de grens met een aangrenzend perceel
- ▶ Waar de isolatielaag in eenzelfde scheidingsconstructie van het verliesoppervlak onderbroken wordt
- ▶ Waar de isolatielaag van een scheidingsconstructie puntvormig doorbroken wordt



Bron: Buildwise



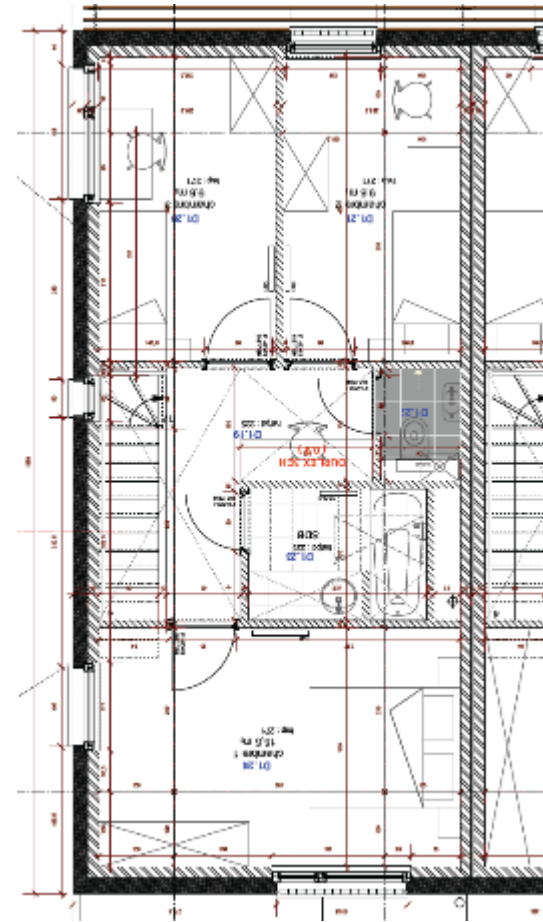
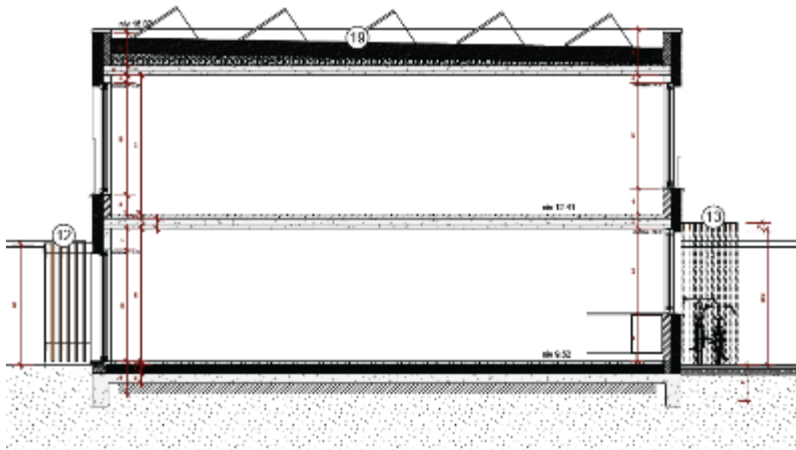
Bron: TOELICHTINGSDOCUMENT - Volgens "Ontwerp tot wijziging van BIJLAGE IV/V van het EPB-besluit"





Oefening

- ▶ Waar?
- ▶ Welke type?
 - Structureel/geometrisch
 - Puntvormig/lineair



Bron : ATLANTE



INLEIDING

SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

- ▶ Opake scheidingsconstructies
- ▶ Transparante scheidingsconstructies

BOUWKNOPEN

- ▶ Definitie en types
- ▶ Lokalisatie
- ▶ **Welke invloed?**
- ▶ Goede praktijkregels



Twee overwegende invloeden

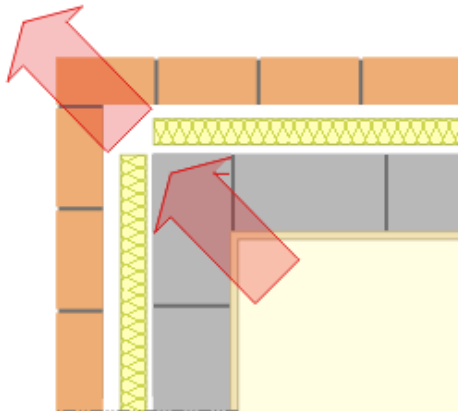
- ▶ Pathologisch
 - Oppervlaktecondensatie en schimmelvorming

- ▶ Thermisch
 - Impact op de energiebalans
 - Passiefgebouw (behalve buitenschrijnwerk): 5 tot 8% van de verliezen door transmissie als de bouwknopen goed beheerd worden op het niveau van ontwerp en uitvoering
 - EPB-gebouw: +0 tot +10 K-punten



Pathologische impact

- Oppervlaktecondensatie en schimmelvorming



Source/Bron : énergie +

Opm.: de bouwknopen zijn niet de enige oorzaak van vocht en schimmel in een gebouw (waterinfiltraties, opstijgend vocht, probleem van waterdampdiffusie, enz.)!



Temperatuurfactor– τ (-)

- ▶ De temperatuurfactor (τ) op een bepaald punt van een bouwdetail of van een koudebrug is het verschil tussen de binnenoppervlaktetemperatuur ($t_{i,opp}$) op voornoemd punt en de buitentemperatuur (t_e) als het temperatuurverschil tussen de binnenomgeving (t_i) en de buitenomgeving (t_e) gelijk is aan 1 K.

$$\tau = \frac{t_{surf_i} - t_e}{t_i - t_e}$$

- ▶ Indien $\tau < 0,7 \rightarrow$ risico van condensatie en/of schimmelvorming (cf. TV 153 van Buildwise)
- ▶ Indien $t_e = -10\text{ °C}$ en $t_i = 20\text{ °C}$, moet $t_{i,opp} \geq 12\text{ °C}$ om een temperatuurfactor $\tau > 0,7$ te halen.



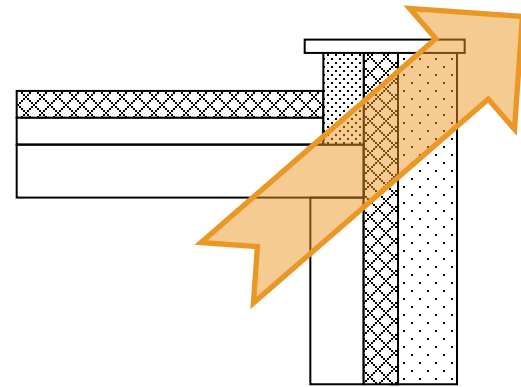
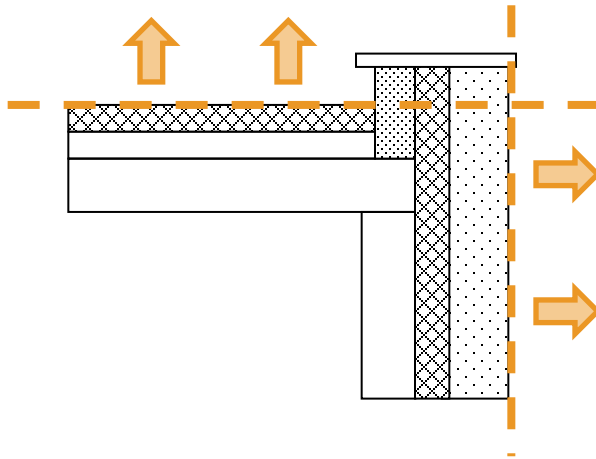
Temperatuurfactor – τ (-)

- ▶ Statisch beoordeeld → Grens van de methode
 - De relatieve vochtigheid
 - Het gedrag van het materiaal t.o.v. water
 - Het hygiënische ventilatieniveau in de ruimte
 - Het weer
- ▶ Dynamische simulatie om de omvang van de pathologische risicofactor te evalueren



Thermische impact

- Lineaire warmtedoorgangscoefficiënt (Ψ , χ)



Warmteverliezen
scheidingsconstructies (1D)

$$\sum A_i b_i U_i$$

$$= H_{t, \text{construction}}$$



Warmteverliezen bouwknopen
(2D of 3D)

$$\sum l_k b_k \Psi_{e,k} + \sum b_l \chi_{e,l}$$

$$= H_{t, \text{junction}}$$

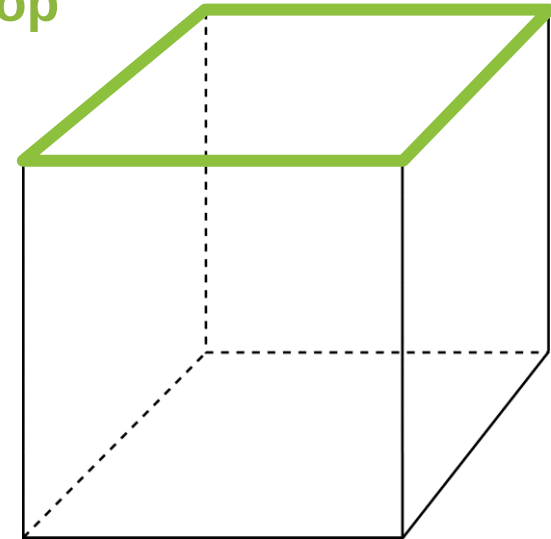


**Voorbeeld**

- Een kubusvormig gebouw van 10 x 10 x 10 m waarvan de scheidingsconstructies de volgende eigenschappen vertonen:

- $U_{\text{dak}} = 0,123 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $U_{\text{muur}} = 0,101 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bouwknoop
1



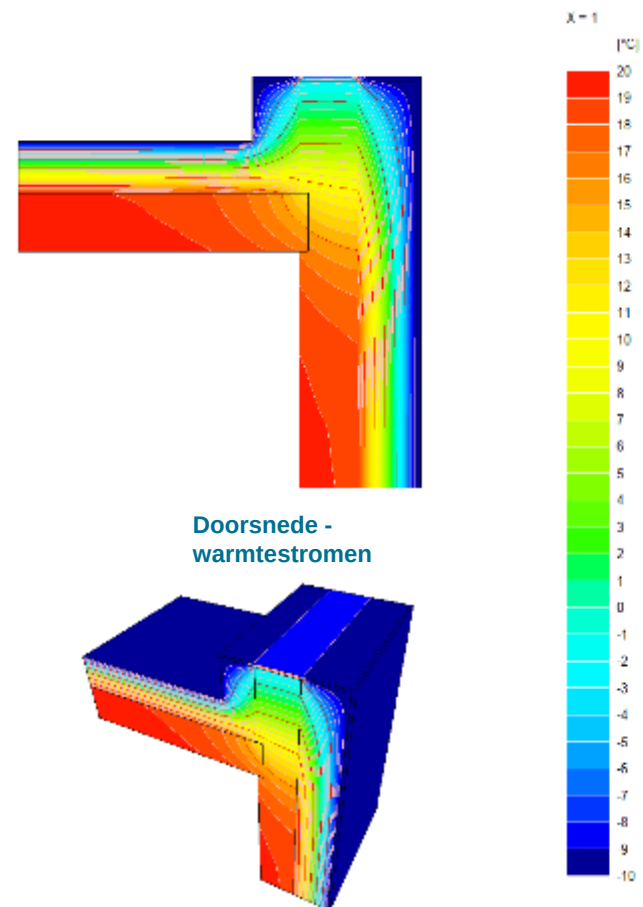
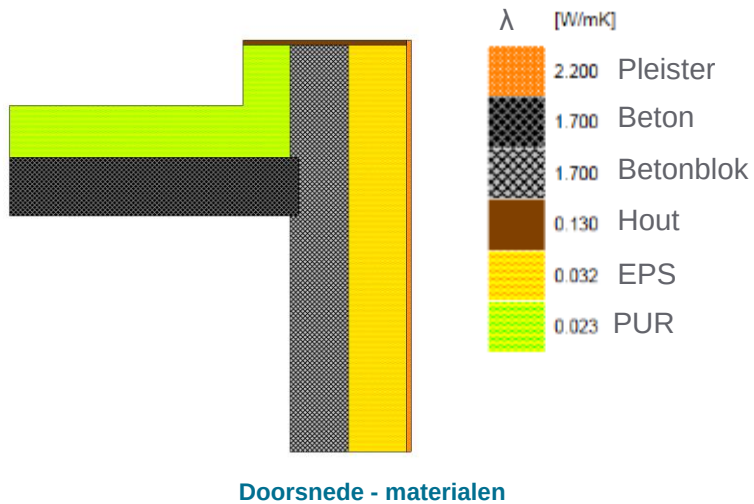
- Transmissieverliezen via het dak
→ $100\text{m}^2 \times 1 \times 0,123 \text{ W/m}^2\text{K} = 12,3 \text{ W/K}$
- Transmissieverliezen via de muren
→ $400\text{m}^2 \times 1 \times 0,101 \text{ W/m}^2\text{K} = 40,4 \text{ W/K}$





Voorbeeld

- Beheer BK1 (opgaande dakrand) – Beginversie



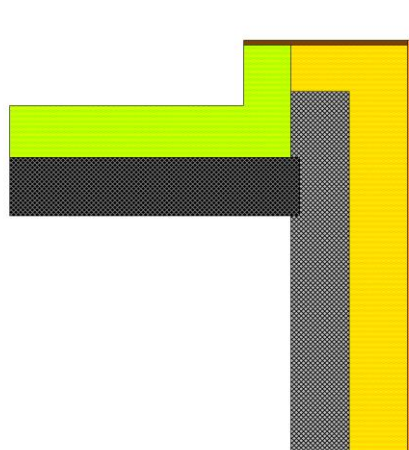
- $\Psi_{e,k} = 0,317 \text{ W/mK}$





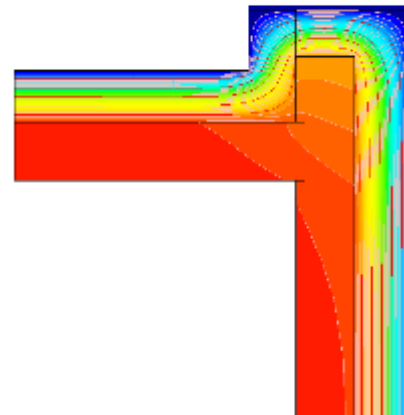
Voorbeeld

- Beheer van BK1 (opgaande dakrand) – Verbeterde versie (continuïteit van de isolatie)



Doorsnede - materialen

λ	[W/mK]	
2.200		Pleister
1.700		Beton
1.700		Betonblok
0.130		Hout
0.032		EPS
0.023		PUR



Doorsnede -
warmtestromen

- $\Psi_{e,k} = 0,006 \text{ W/mK}$





Voorbeeld

- ▶ Een kubusvormig gebouw van 10 x 10 x 10 m waarvan de scheidingsconstructies de volgende eigenschappen vertonen:
 - $U_{\text{dak}} = 0,123 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - $U_{\text{muur}} = 0,101 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - ▶ Transmissieverliezen via het dak
→ $100\text{m}^2 \times 1 \times 0,123 \text{ W/m}^2\text{K} = \mathbf{12,3 \text{ W/K}}$
 - ▶ Transmissieverliezen via de muren
→ $400\text{m}^2 \times 1 \times 0,101 \text{ W/m}^2\text{K} = \mathbf{40,4 \text{ W/K}}$
- } Totale transmissieverliezen
52,7 W/K
- ▶ Impact van BK1 – beginversie
→ $40\text{m} \times 1 \times 0,317 \text{ W/mK} = \mathbf{12,7 \text{ W/K}}$
dus **24%** van de transmissieverliezen via de scheidingsconstructies
 - ▶ Impact van BK1 – verbeterde versie
→ $40\text{m} \times 1 \times 0,006 \text{ W/mK} = \mathbf{0,24 \text{ W/K}}$
dus **0,5%** van de transmissieverliezen via de scheidingsconstructies



INLEIDING

SCHEIDINGSCONSTRUCTIES

- ▶ Opake scheidingsconstructies
- ▶ Transparante scheidingsconstructies

BOUWKNOPEN

- ▶ Definitie en types
- ▶ Lokalisatie
- ▶ Welke invloed?
- ▶ **Goede praktijkregels**





EPB-aanvaarde bouwknopen

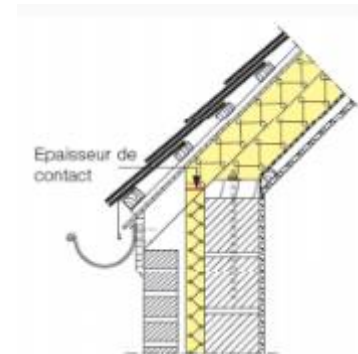
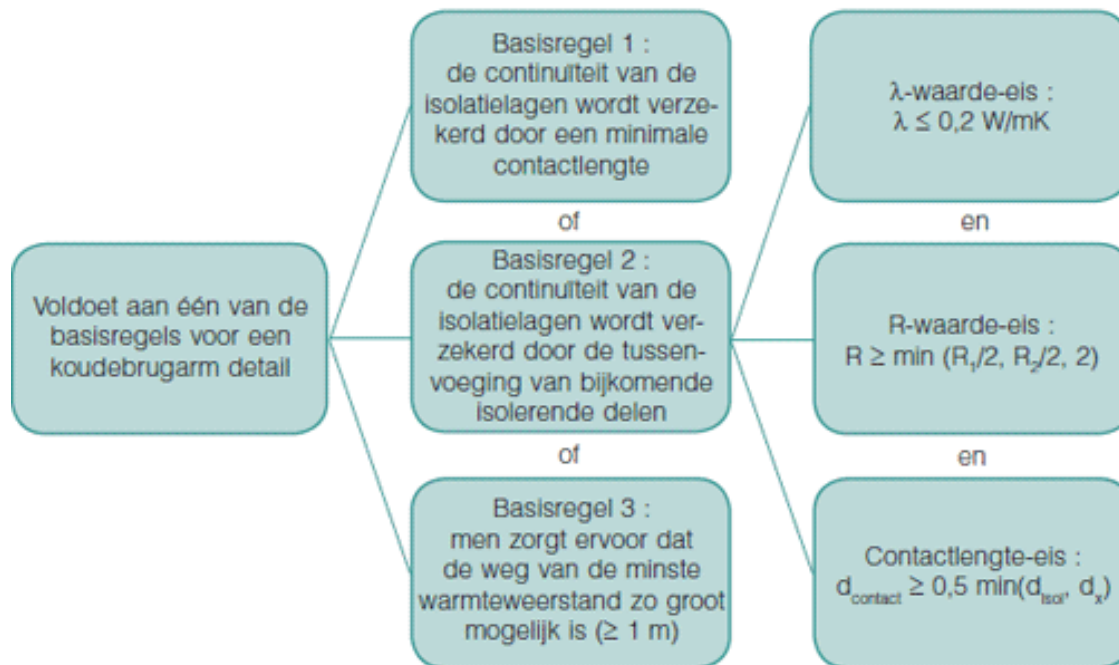


Fig. 1 Epaisseur de contact minimale.

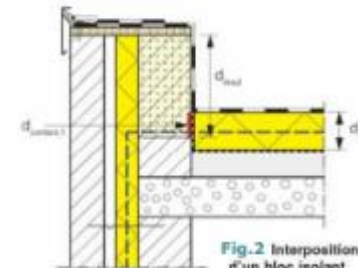


Fig. 2 Interposition d'un bloc isolant

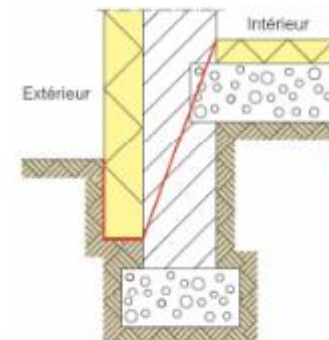


Fig. 3 Schéma de principe du chemin de moindre résistance thermique.

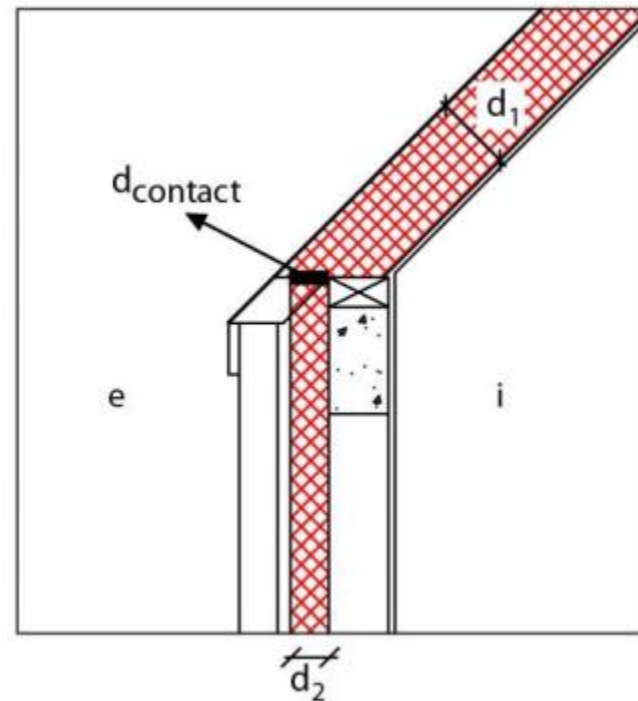
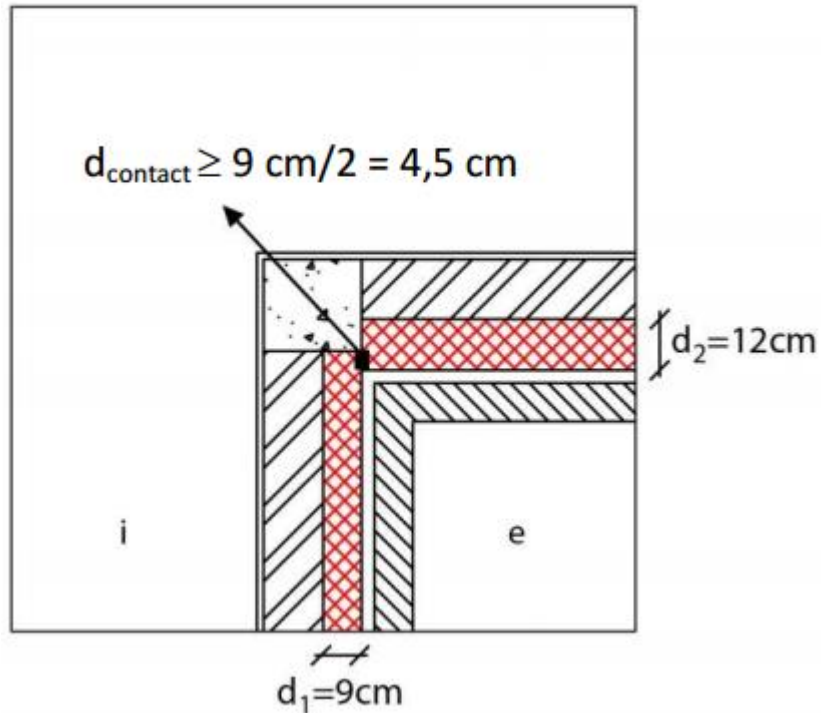
Bron : Buildwise



EPB-aanvaarde bouwknopen

- Basisregel nr. 1: contactoppervlakte

$$d_{\text{contact}} \geq \frac{1}{2} * \min(d_1, d_2)$$



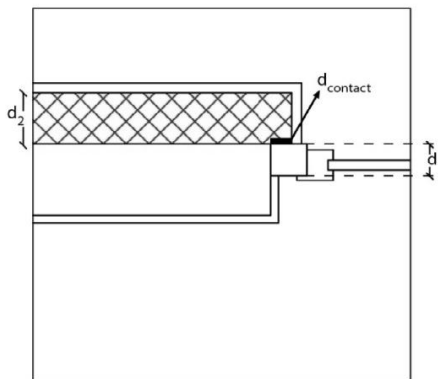
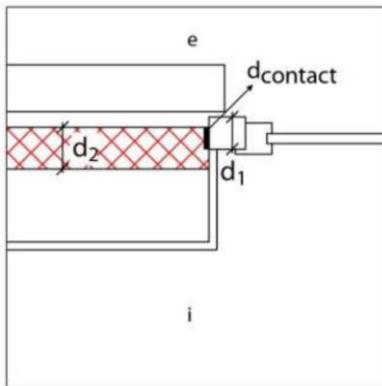
Bron : Buildwise



EPB-aanvaarde bouwknopen

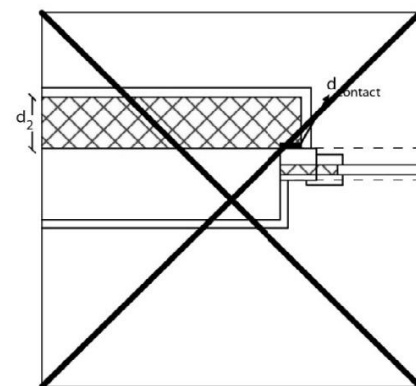
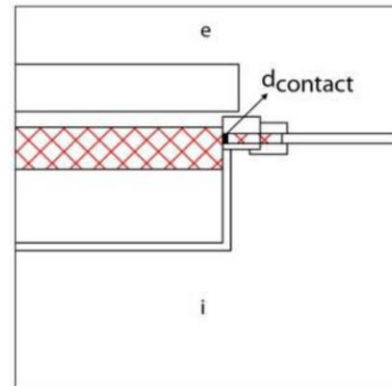
- Basisregel nr. 1: contactoppervlakte

$$d_{\text{contact}} \geq \frac{1}{2} * \min(d_1, d_2)$$



OF

volledig contact met thermische onderbreking



EPB-aanvaarde bouwknopen

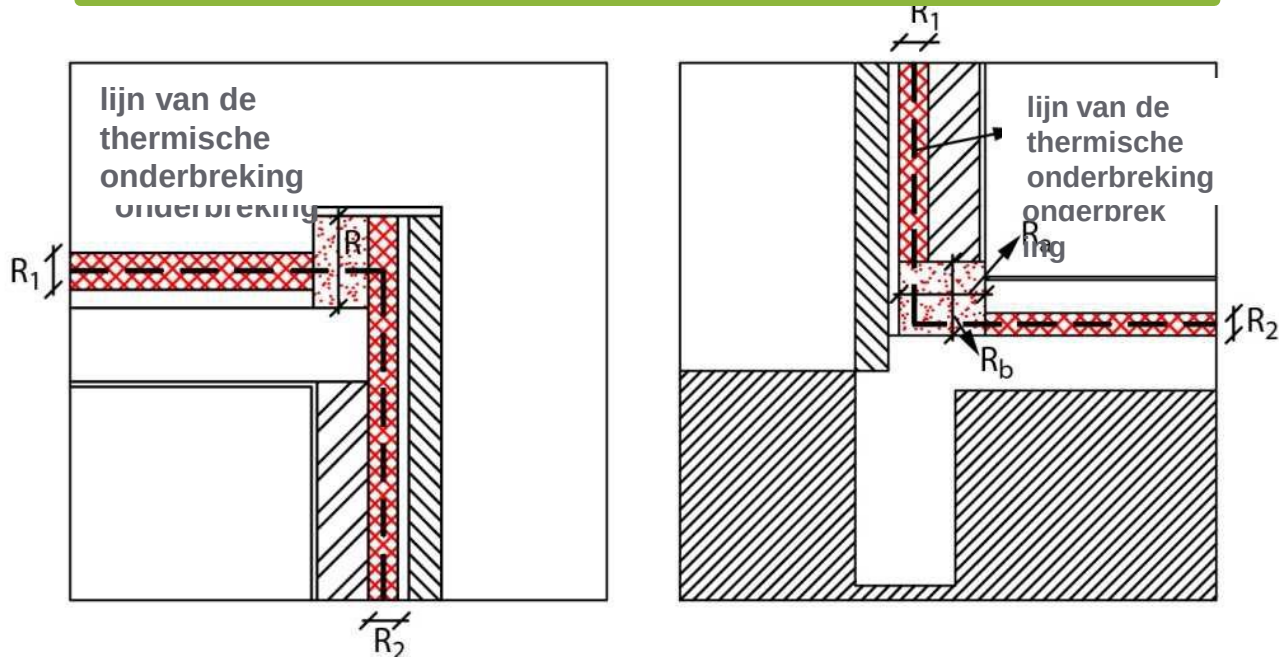
- Basisregel nr. 2: toegevoegd element > 3 verplichtingen

$$\lambda \leq 0.2W/mK$$

$$R \geq \min (R_1/2, R_2/2, 2^*)$$

* Waarde 1,5 voor de vensters!

$$d_{\text{contact},i} \geq \frac{1}{2} * \min(d_{\text{insulating part}}, d_x)$$



EPB-aanvaarde bouwknopen

- Basisregel nr. 2: tussenvoeging isolerende delen > enkele voorbeelden

Voet in cellenbeton/cellulaire glasblokken



Bron: Xella



Bron: Foamglass

Steun kolom



Bron: Plaka Group

Thermische onderbreking vloerplaat/balkon



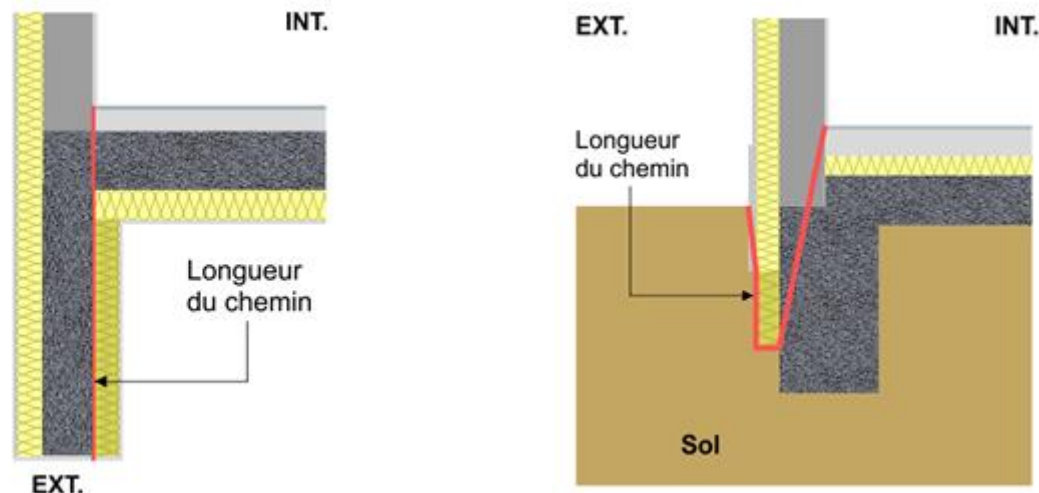
Bron: Plaka Group



EPB-aanvaarde bouwknopen

- ▶ Basisregel nr. 3: de weg van de minste weerstand $> 1\text{m}$
 - Weg van de minste weerstand = het kortste traject tussen binnenomgeving en buitenomgeving dat nergens een isolatielaag snijdt.
 - Bij toegevoegde isolatie: $R_{\text{isolatie}} \geq R_{\text{min}} (R_1/2, R_2/2, 2^*)$

* Waarde 1,5 voor de vensters!



Bron: Energie +





- ▶ De thermische prestaties van de gebouwschil spelen een belangrijke rol in het energieverbruik van het gebouw.
- ▶ Bij gelijke samenstellende delen, verschillen de thermische prestaties sterk volgens de afmetingen en de verhouding raamwerk/beglazing.
- ▶ Bijzondere aandacht moet worden besteed aan het ontwerp en de uitvoering van de bouwknopen om de impact op de transmissieverliezen te beperken.





Seminarie Duurzame Gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- ▶ [Dossier | Transmissieverliezen beperken](#)
- ▶ [Dossier | Bouwknopen beheren](#)



Websites

- ▶ Dienst koudebruggen (PMP)
<http://www.ponts-thermiques.be>
Catalogus van frequent aangetroffen bouwknopen
- ▶ Energie +
[Les ponts thermiques](#)
[La propagation de la chaleur à travers une paroi](#)



Opleidingen en seminars

- ▶ Schrijf u in voor de door Leefmilieu Brussel georganiseerde opleidingen
<https://leefmilieu.brussels/opleidingenduurzamegebouwen>
Raadpleeg [gratis](#) alle documentatie!
- ▶ Voor meer informatie...
Gedeeltelijke en gefaseerde renovatie
Gebouwschil : isolatie van de voorgevel
Gebouwschil : dakisolatie



Julie RENAUX

Projectingenieur

écorce nv

 + 32 4 226 91 60 info@ecorce.be

BEDANKT VOOR UW AANDACHT

