

Onderzoeksrapport

ISO-KIM blokken van Calduran. Berekening van lijnkoudebrugfactoren voor gebruik in EPB

Nr: CALD R0941
Datum: 9 maart 2020



Calduran rapportenservice

Om de eigenschappen van kalkzandsteen en complete wanden te bepalen en te garanderen verricht Calduran Kalkzandsteen BV regelmatig onderzoek

Via de rapportenservice zijn, via onderstaande contactgegevens, rapporten over de volgende onderwerpen opvraagbaar:

- Brandwerendheid
- Geluidsisolatie
- Constructie
- Warmte-isolatie
- Verwerking
- Bouwbesluit
- Milieu
- Duurzaamheid

Calduran Kalkzandsteen BV

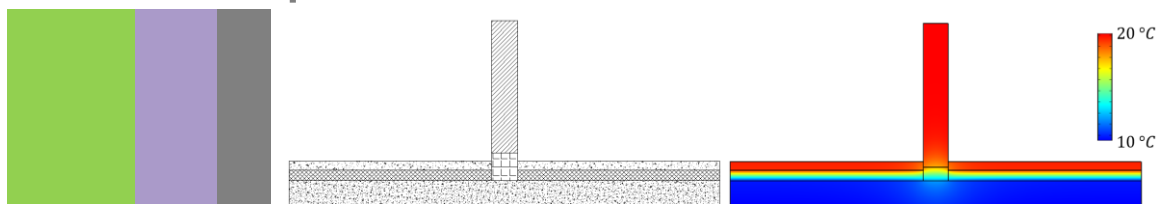
Techniek & Advies

Telefoon: +31 (0)341 464 004

Email: bouwtechniek@calduran.nl

Dit rapport is intellectueel eigendom van Calduran Kalkzandsteen BV. De hierin genoemde prestaties gelden alleen bij toepassing van producten afkomstig van Calduran Kalkzandsteen BV. Dit rapport is alleen bestemd voor de geadresseerde en mag door hem / haar gebruikt worden als indieningsbescheiden bij (bouw)vergunningsaanvragen. Verder mogen onderdelen van dit rapport alleen worden gebruikt met een duidelijke bronvermelding. Zonder toestemming van Calduran Kalkzandsteen is ander (onrechtmatig) gebruik wettelijk strafbaar.

daidalos peutz



Martijn van Ophoven
Calduran, Einsteinstraat 5, 3846 BH Harderwijk
[t. 0031 341 465 754](tel:0031341465754)
m.vanophoven@calduran.nl

project: ISO-KIM isolatiekimblokken als bouwknoppoplossing
opdrachtgever: Calduran
auteur: friedl.decock@daidalospeutz.be, wouter@daidalospeutz.be
datum: 9 maart 2020
bestand: CalduranISOKIM.05.Bouwknop1-4
inhoud: Lijnkoudebrugfactor Ψ voor 4 verschillende bouwknopen

Kort

Het doel van deze nota is de berekening van de lijnkoudebrugfactor Ψ voor een aantal bouwknopen waarbij Calduran ISO-KIM blokken worden gebruikt. De correcte berekening van deze factor is nodig opdat bouwprofessionals als architecten, ingenieurs, ... correct het warmteverlies doorheen hun gebouwschil kunnen inschatten en opdat ze een meer correcte EPB-berekening kunnen uitvoeren. Dit rapport is geldig als EPB-bewijslast.

Leeswijzer

Het rapport start met een EPB-samenvatting per berekende bouwknop, waarin telkens de berekende lijnkoudebrugfactoren staan opgelijst. Deze 1-pagina samenvattingen dienen om de bouwprofessional snel en eenvoudig de benodigde gegevens te laten opzoeken.

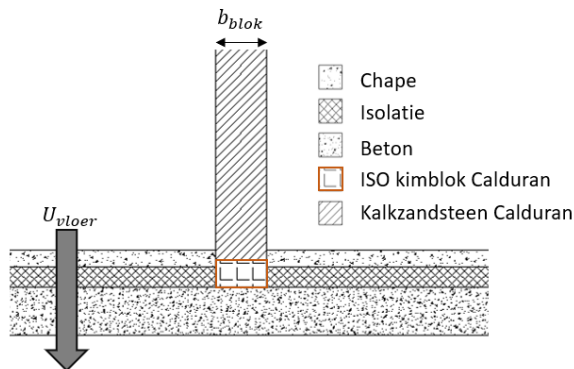
Vervolgens worden de verschillende bouwknopen en resultaten in meer detail besproken. Tot slot worden in appendix de simulatietechnische gegevens besproken, zoals vereist wordt om als EPB-bewijslast te kunnen dienen.

Inhoud

EPB Samenvatting – Bouwknoop binnenmuur – vloer boven onbeschermd volume	3
EPB Samenvatting – Bouwknoop gevel – vloer op volle grond	4
EPB Samenvatting – Bouwknoop gevel – vloer boven onbeschermd volume	5
EPB Samenvatting – Bouwknoop binnenmuur – vloer op volle grond.....	6
I. Inleiding	7
II. Bouwknoop 1: binnenmuur – vloer boven onbeschermd volume (kelder, parking, AOR,...).....	8
II.1. Gebruik van één kimblok	8
II.2. Gebruik van twee kimblokken	10
III. Bouwknoop 2: gevel – vloer op volle grond.....	12
III.1. Gebruik van één kimblok	12
III.2. Gebruik van twee kimblokken	14
IV. Bouwknoop 3: gevel – vloer boven onbeschermd volume (kelder, parking, AOR, ...)	16
IV.1. Gebruik van één kimblok	16
IV.2. Gebruik van twee kimblokken	18
V. Bouwknoop 4: binnenmuur – vloer op volle grond	20
V.1. Gebruik van één kimblok	20
V.2. Gebruik van twee kimblokken	22
A. Appendix: numerieke simulaties.....	24
A.1. Bouwknoop 1: binnenmuur – vloer boven onbeschermd volume	24
A.2. Bouwknoop 2: gevel – vloer op volle grond.....	26
A.3. Bouwknoop 3: gevel – vloer boven onbeschermd volume	28
A.4. Bouwknoop 4: binnenmuur – vloer op volle grond	30

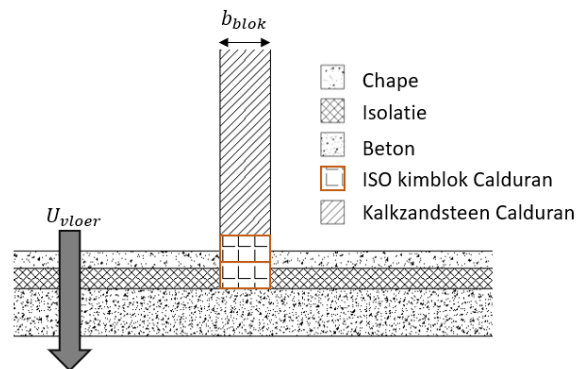
EPB Samenvatting

Bouwknoop binnenmuur – vloer boven onbeschermd volume



1 kimblok

Ψ_{2D} [W/mK]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	+0.21	+0.24	+0.28
0.16	+0.22	+0.25	+0.30
0.2	+0.23	+0.26	+0.30
0.24	+0.23	+0.26	+0.30



2 kimblokken

Ψ_{2D} [W/mK]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	+0.16	+0.18	+0.21
0.16	+0.18	+0.20	+0.23
0.2	+0.20	+0.22	+0.25
0.24	+0.21	+0.23	+0.27

Temperatuurfactor $f_{Rsi} > 0.85$ voor alle gevallen

Temperatuurfactor $f_{Rsi} > 0.85$ voor alle gevallen

Verlies isolatiedikte door aanwezigheid bouwknoop:

Verlies isolatiedikte door aanwezigheid bouwknoop:

U_{vloer} [W/m ² K]	$d_{isolatie}$ [cm]	Lengte lokaal [m]		
		5	10	15
0.12	19	-5.8 cm	-3.4 cm	-2.4 cm
0.16	14	-3.6 cm	-2.0 cm	-1.4 cm
0.2	11	-2.4 cm	-1.4 cm	-0.9 cm
0.24	9	-1.8 cm	-1.0 cm	-0.7 cm

U_{vloer} [W/m ² K]	$d_{isolatie}$ [cm]	Lengte lokaal [m]		
		5	10	15
0.12	19	-4.6 cm	-2.6 cm	-1.8 cm
0.16	14	-3.0 cm	-1.7 cm	-1.2 cm
0.2	11	-2.2 cm	-1.2 cm	-0.8 cm
0.24	9	-1.6 cm	-0.9 cm	-0.6 cm

Leeswijzer

Bovenstaande gegevens zijn berekend voor de Calduran ISO-KIM blokken van 11.3 cm hoogte. In de tabellen kan je de lijnkoudebrugfactor opzoeken in functie van de U-waarde van de vloer en de breedte van de kimblok. Indien de U-waarde tussen twee grenswaarden in ligt, geldt de meest negatieve lijnkoudebrugfactor voor EPB (de grootste waarde). Voorbeeld: bij gebruik van 1 kimblok met breedte 17.5 cm op een vloer met een U-waarde van 0.13 W/m²K, is de lijnkoudebrugfactor +0.25 W/mK.

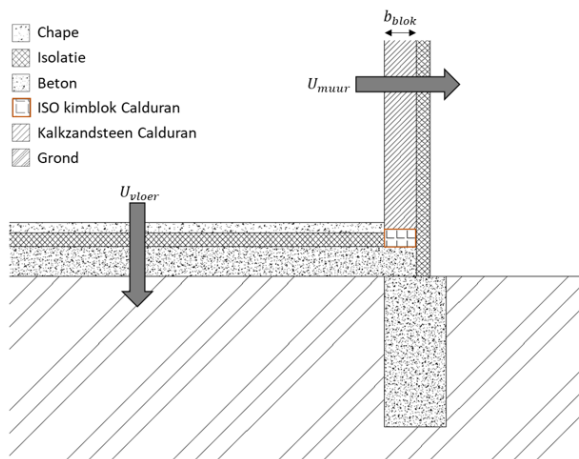
Symbolen

Ψ_{2D} [W/mK] Lijnkoudebrugfactor
 f_{Rsi} [-] Temperatuurfactor

U_{vloer} [W/m²K] Warmtedoorgangscoefficiënt
 b_{blok} [m] Breedte ISO-KIM blok

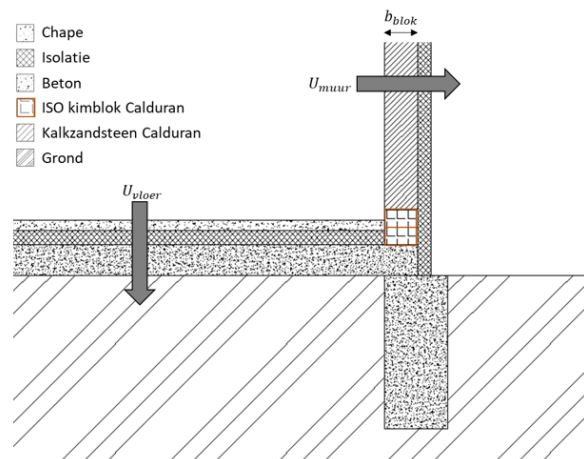
EPB Samenvatting

Bouwknop gevel – vloer op volle grond



1 kimblok

Ψ_{2D} [W/mK]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	+0.12	+0.14	+0.16
0.16	+0.11	+0.13	+0.16
0.2	+0.10	+0.12	+0.15
0.24	+0.09	+0.10	+0.12



2 kimblokken

Ψ_{2D} [W/mK]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	+0.08	+0.10	+0.12
0.16	+0.08	+0.10	+0.12
0.2	+0.08	+0.09	+0.11
0.24	+0.06	+0.08	+0.09

Temperatuurfactor $f_{Rsi} > 0.85$ voor alle gevallen

Temperatuurfactor $f_{Rsi} > 0.85$ voor alle gevallen

Verlies isolatiedikte door aanwezigheid bouwknop:

Verlies isolatiedikte door aanwezigheid bouwknop:

Lengte lokaal [m]				
U_{vloer} [W/m ² K]	$d_{isolatie}$ [cm]	5	10	15
0.12	19	-6.3 cm	-3.7 cm	-2.6 cm
0.16	14	-3.7 cm	-2.1 cm	-1.5 cm
0.2	11	-2.4 cm	-1.3 cm	-0.9 cm
0.24	9	-1.5 cm	-0.8 cm	-0.5 cm

Lengte lokaal [m]				
U_{vloer} [W/m ² K]	$d_{isolatie}$ [cm]	5	10	15
0.12	19	-4.9 cm	-2.8 cm	-2.0 cm
0.16	14	-2.9 cm	-1.6 cm	-1.1 cm
0.2	11	-1.9 cm	-1 cm	-0.7 cm
0.24	9	-1.1 cm	-0.6 cm	-0.4 cm

Leeswijzer

Bovenstaande gegevens zijn berekend voor de Calduran ISO-KIM blokken van 11.3 cm hoogte. In de tabellen kan je de lijnkoudebrugfactor opzoeken in functie van de U-waarde van de vloer en de breedte van de kimblok. Indien de U-waarde tussen twee grenswaarden in ligt, geldt de meest negatieve lijnkoudebrugfactor voor EPB (de grootste waarde). Voorbeeld: bij gebruik van 1 kimblok met breedte 17.5 cm op een vloer met een U-waarde van 0.15 W/m²K, is de lijnkoudebrugfactor +0.14 W/mK.

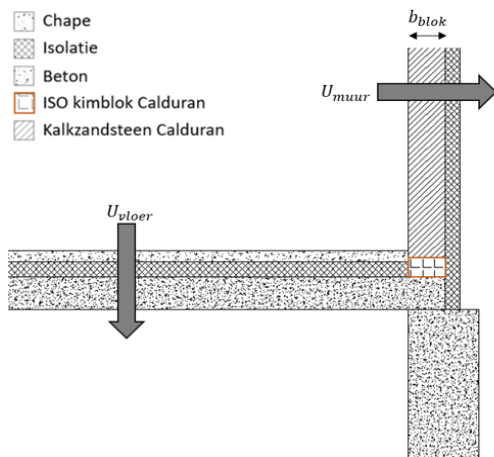
Symbolen

Ψ_{2D} [W/mK] Lijnkoudebrugfactor
 f_{Rsi} [-] Temperatuurfactor

U_{vloer} [W/m²K] Warmtedoorgangscoefficient
 b_{blok} [m] Breedte ISO-KIM blok

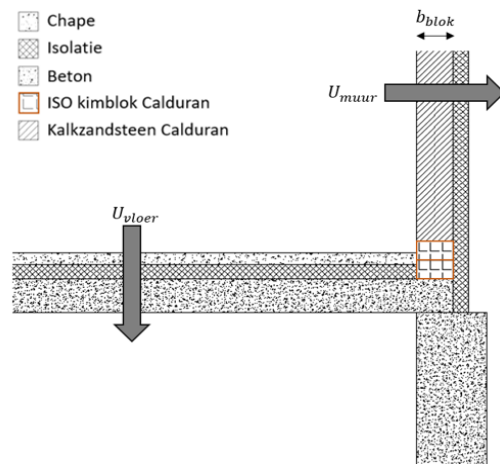
EPB Samenvatting

Bouwknoop gevel – vloer boven onbeschermd volume



1 kimblok

Ψ_{2D} [W/mK]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	+0.14	+0.16	+0.19
0.16	+0.14	+0.16	+0.18
0.2	+0.13	+0.15	+0.17
0.24	+0.07	+0.11	+0.14



2 kimblokken

Ψ_{2D} [W/mK]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	+0.09	+0.11	+0.13
0.16	+0.09	+0.11	+0.13
0.2	+0.09	+0.10	+0.12
0.24	+0.07	+0.08	+0.09

Temperatuurfactor $f_{Rsi} > 0.85$ voor alle gevallen

Temperatuurfactor $f_{Rsi} > 0.85$ voor alle gevallen

Verlies isolatiedikte door aanwezigheid bouwknoop:

Verlies isolatiedikte door aanwezigheid bouwknoop:

$Lengte lokaal$ [m]				
U_{vloer} [W/m ² K]	$d_{isolatie}$ [cm]	5	10	15
0.12	19	-7.0 cm	-4.2 cm	-3.0 cm
0.16	14	-4.2 cm	-2.5 cm	-1.7 cm
0.2	11	-2.7 cm	-1.5 cm	-1.1 cm
0.24	9	-1.6 cm	-0.9 cm	-0.6 cm

$Lengte lokaal$ [m]				
U_{vloer} [W/m ² K]	$d_{isolatie}$ [cm]	5	10	15
0.12	19	-5.3 cm	-3.0 cm	-2.1 cm
0.16	14	-3.2 cm	-1.8 cm	-1.2 cm
0.2	11	-2.1 cm	-1.1 cm	-0.8 cm
0.24	9	-1.1 cm	-0.6 cm	-0.4 cm

Leeswijzer

Bovenstaande gegevens zijn berekend voor de Calduran ISO-KIM blokken van 11.3 cm hoogte. In de tabellen kan je de lijnkoudebrugfactor opzoeken in functie van de U-waarde van de vloer en de breedte van de kimblok. Indien de U-waarde tussen twee grenswaarden in ligt, geldt de meest negatieve lijnkoudebrugfactor voor EPB (de grootste waarde). Voorbeeld: bij gebruik van 1 kimblok met breedte 17.5 cm op een vloer met een U-waarde van 0.19 W/m²K, is de lijnkoudebrugfactor +0.16 W/mK.

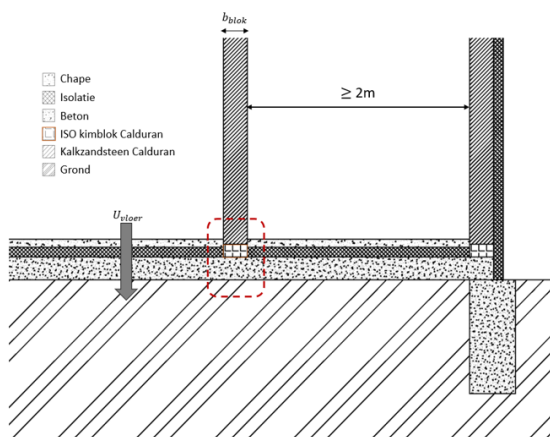
Symbolen

Ψ_{2D} [W/mK] Lijnkoudebrugfactor
 f_{Rsi} [-] Temperatuurfactor

U_{vloer} [W/m²K] Warmtedoorgangscoefficiënt
 b_{blok} [m] Breedte ISO-KIM blok

EPB Samenvatting

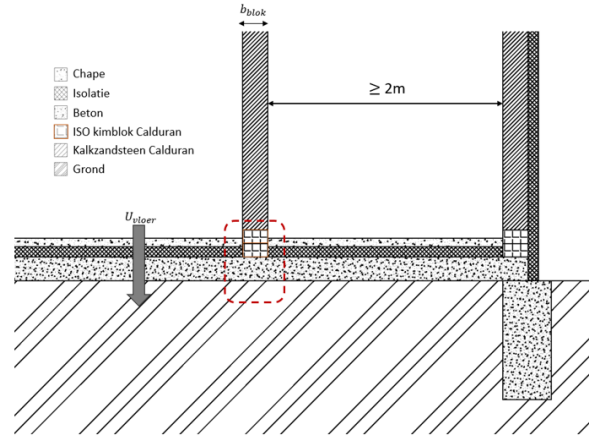
Bouwknoop binnenmuur – vloer op volle grond



1 kimblok

Ψ_{2D} [W/mK]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	+0.12	+0.13	+0.15
0.16	+0.11	+0.12	+0.14
0.2	+0.10	+0.11	+0.13
0.24	+0.10	+0.10	+0.12

Temperatuurfactor $f_{Rsi} > 0.9$ voor alle gevallen



2 kimblokken

Ψ_{2D} [W/mK]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	+0.09	+0.10	+0.12
0.16	+0.09	+0.10	+0.12
0.2	+0.09	+0.10	+0.11
0.24	+0.09	+0.10	+0.11

Temperatuurfactor $f_{Rsi} > 0.9$ voor alle gevallen

Leeswijzer

Bovenstaande gegevens zijn berekend voor de Calduran ISO-KIM blokken van 11.3 cm hoogte. In de tabellen kan je de lijnkoudebrugfactor opzoeken in functie van de U-waarde van de vloer en de breedte van de kimblok. Indien de U-waarde tussen twee grenswaarden in ligt, geldt de meest negatieve lijnkoudebrugfactor voor EPB (de grootste waarde). Voorbeeld: bij gebruik van 1 kimblok met breedte 17.5 cm op een vloer met een U-waarde van 0.19 W/m²K, is de lijnkoudebrugfactor +0.12 W/mK.

Symbolen

Ψ_{2D} [W/mK]	Lijnkoudebrugfactor	U_{vloer} [W/m ² K]	Warmtedoorgangscoefficiënt
f_{Rsi} [-]	Temperatuurfactor	b_{blok} [m]	Breedte ISO-KIM blok

I. Inleiding

De aansluiting van een muur op een vloer met thermische isolatie op de vloerplaat vormt een bouwknop waarbij extra maatregelen aangewezen zijn om het warmteverlies te beperken. Calduran heeft voor zulke bouwknopen een kimblok¹ ontwikkeld welke als aanzet van de muur kan gebruikt worden. De lijnkoudebrugfactor Ψ [W/mK] geeft het extra warmteverlies weer doorheen deze bouwknop. De lijnkoudebrugfactor is afhankelijk van het type bouwknop, de gebruikte breedte van de kimblok en de U-waarde van de aansluitende bouw delen (vloer of muur). In dit rapport worden 4 verschillende bouwknopen bestudeerd:

1. Bouwknop binnenmuur – vloer boven onbeschermd volume (kelder, parking, AOR,...)
2. Bouwknop gevel – vloer op volle grond
3. Bouwknop gevel – vloer boven onbeschermd volume (kelder, parking, AOR,...)
4. Bouwknop binnenmuur – vloer op volle grond

Voor elke bouwknop worden 3 breedtes van kimblok bestudeerd (elk met een warmtegeleidingscoëfficiënt van 0.33 W/mK, zie Tabel 1), en 4 verschillende U-waarden van de aansluitende bouw delen. Dit resulteert in een tabel die per bouwknop de lijnkoudebrugfactor weergeeft in functie van de breedte van de kimblok en van de U-waarde van het aansluitende bouwdeel.

Tabel 1: Type, afmetingen en warmtegeleidingscoëfficiënt van de bestudeerde kimblokken.

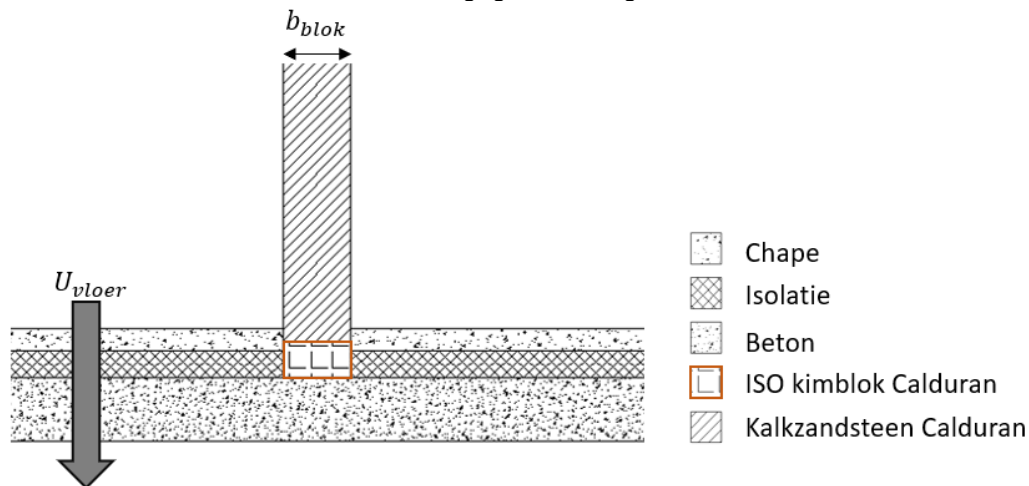
Type	Hoogte [m]	Breedte [m]	λ_{blok} [W/mK]
ISO-KIM-150/113	0.113	0.15	0.33
ISO-KIM-175/113	0.113	0.175	0.33
ISO-KIM-214/113	0.113	0.214	0.33

¹ <https://www.calduran.be/toepassingen/calduran-iso-kim/>

II. Bouwknoop 1: binnenmuur – vloer boven onbeschermd volume (kelder, parking, AOR,...)

II.1. Gebruik van één kimblok

Deze bouwknoop betreft de aansluiting van een binnenmuur op een betonnen vloer (met thermische vloerisolatie op de vloerplaat), boven een onbeschermd volume zoals een kelder, parking, of aangrenzende onverwarmde ruimte (AOR, zie EPB). De thermische vloerisolatie wordt doorbroken door deze muur. Een kimblok van 11.3 cm hoogte worden gebruikt als aanzet van de muur om de bouwknoop thermisch te verbeteren. Het detail wordt weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Detail bouwknoop binnenmuur op vloer boven onverwarmde ruimte met 1 kimblok.

Het effect van de thermische onderbreking hangt af van de breedte van de kimblok (b_{blok}) en de U-waarde van de vloer. De lijnkoudebrugfactor wordt voor verschillende configuraties berekend aan de hand van numerieke simulaties, besproken in Appendix. De resulterende lijnkoudebrugfactor per U-waarde van de vloer en per breedte van de kimblok wordt weergegeven in Tabel 2. De temperatuurfactor voor de verschillende configuraties wordt weergegeven in Tabel 3. Deze voldoet ruimschoots aan de typische gestelde minimumeis van 0.7 om schimmelgroei te vermijden². Indien de U-waarde van de vloer in een specifiek project tussen twee grenswaarden in ligt, is het een veilige aanname om die grenswaarde te gebruiken die het meest negatief is (de hoogste lijnkoudebrugfactor en de laagste temperatuurfactor). Ter illustratie zou je bij een kimblok met een breedte van 17.5 cm en een U-waarde van de vloer van 0.13 W/m²K een lijnkoudebrugfactor van 0.25 W/mK gebruiken en een temperatuurfactor van 0.90.

Tabel 2: Lijnkoudebrugfactor als functie van breedte kimblok en U-waarde vloer bij gebruik van 1 kimblok.

Ψ_{2D} [W/mK]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	+0.21	+0.24	+0.28
0.16	+0.22	+0.25	+0.30
0.2	+0.23	+0.26	+0.30
0.24	+0.23	+0.26	+0.30

² De ondergrens van 0.7 is geldig voor een normaal binnenklimaat met adequate ventilatie. Indien er veel vochtproductie of andere bijzondere randvoorwaarden aanwezig zijn, kan het nodig zijn om een hogere minimumgrens te eisen (zie ook Technische Voorlichting 153 van het WTCB).

Tabel 3: Temperatuurfactor als functie van breedte kimblok en U-waarde vloer bij gebruik van 1 kimblok.

$f_{Rsi} [-]$	$b_{blok} [m]$		
$U_{vloer} [W/m^2K]$	0.15	0.175	0.214
0.12	0.92	0.91	0.91
0.16	0.91	0.90	0.90
0.2	0.90	0.90	0.89
0.24	0.90	0.89	0.88

Een andere manier om de impact van de bouwknoop weer te geven is de hoeveelheid vloerisolatie die je 'verliest' omwille van de aanwezigheid van de bouwknoop (hoe beter je deze knoop aanpakt, hoe minder isolatiedikte je verliest). Dit hangt af van de totale tussenafstand tussen twee opeenvolgende bouwknoopen (de lengte van het lokaal), en wordt daarom voor 3 verschillende lengtes uitgerekend: 5 m, 10 m en 15 m. In Tabel 4 wordt de gebruikte vloerisolatiedikte weergegeven, gevolgd door de dikte/correctie die in rekening gebracht kan worden omwille van de aanwezigheid van de bouwknoop (afhankelijk van deze drie lokaallengtes).

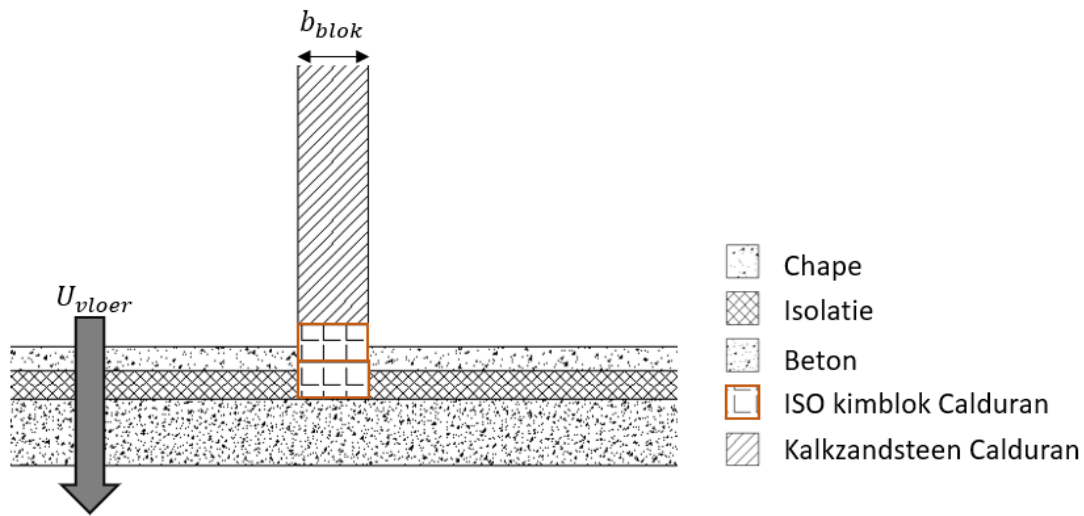
Tabel 4: Initiële isolatiedikte en gereduceerde isolatiedikte omwille van de aanwezigheid van de bouwknoop (in functie van de lokaallengte). Deze berekening is gemaakt voor een isokimblok met breedte 17.5 cm.

		Lengte lokaal [m]		
$U_{vloer} [W/m^2K]$	$d_{isolatie} [cm]$	5	10	15
0.12	19	13	15	16
0.16	14	10	12	12
0.2	11	8	9	10
0.24	9	7	8	8

		Lengte lokaal [m]		
$U_{vloer} [W/m^2K]$	$d_{isolatie} [cm]$	5	10	15
0.12	19	-5.8 cm	-3.4 cm	-2.4 cm
0.16	14	-3.6 cm	-2.0 cm	-1.4 cm
0.2	11	-2.4 cm	-1.4 cm	-0.9 cm
0.24	9	-1.8 cm	-1.0 cm	-0.7 cm

II.2. Gebruik van twee kimblokken

Het gebruik van 2 kimblokken boven elkaar in plaats van 1 vermindert het warmteverlies doorheen de bouwknop. Het detail wordt weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2: Detail bouwknop binnenmuur op vloer boven onverwarmde ruimte met 2 kimblokken.

De resultaten worden weergegeven in Tabel 5 tot Tabel 7. Zoals verwacht presteert de bouwknop beter indien twee kimblokken boven elkaar worden gebruikt in plaats van slechts 1. Zeker indien de dikte van de vloerisolatie groter is dan de hoogte van één kimblok (11.3 cm), is er nog een gevoelige verbetering. Bij voorkeur komt de totale hoogte van de kimblok(ken) dus boven de vloerisolatie uit, maar omwille van andere redenen (wandopbouw, kostprijs, ...) kan toch met 1 kimblok gewerkt worden om de bouwknop aan te pakken.

Tabel 5: Lijnkoudebrugfactor als functie van breedte kimblok en U-waarde vloer bij gebruik van 2 kimblokken.

Ψ_{2D} [W/mK]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	+0.16	+0.18	+0.21
0.16	+0.18	+0.20	+0.23
0.2	+0.20	+0.22	+0.25
0.24	+0.21	+0.23	+0.27

Tabel 6: Temperatuurfactor als functie van breedte kimblok en U-waarde vloer bij gebruik van 2 kimblokken.

f_{Rsi} [-]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	0.94	0.93	0.93
0.16	0.91	0.91	0.91
0.2	0.90	0.89	0.89
0.24	0.88	0.88	0.87

Tabel 7: Initiële isolatiedikte en gereduceerde isolatiedikte omwille van de aanwezigheid van de bouwknoop (in functie van de lokaallengte). Deze berekening is gemaakt voor een isokimblok met breedte 17.5 cm.

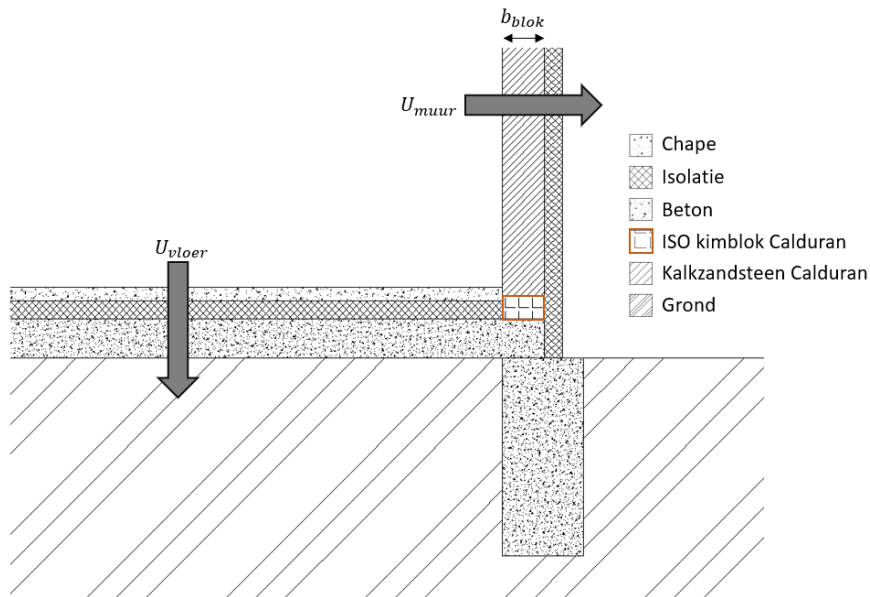
$U_{vloer} [W/m^2K]$	$d_{isolatie} [cm]$	Lengte lokaal [m]		
		5	10	15
0.12	19	14	16	17
0.16	14	11	12	13
0.2	11	9	10	10
0.24	9	7	8	8

$U_{vloer} [W/m^2K]$	$d_{isolatie} [cm]$	Lengte lokaal [m]		
		5	10	15
0.12	19	-4.6 cm	-2.6 cm	-1.8 cm
0.16	14	-3.0 cm	-1.7 cm	-1.2 cm
0.2	11	-2.2 cm	-1.2 cm	-0.8 cm
0.24	9	-1.6 cm	-0.9 cm	-0.6 cm

III. Bouwknoop 2: gevel – vloer op volle grond

III.1. Gebruik van één kimblok

Deze bouwknoop betreft de aansluiting van een gevel en een betonnen vloer op een fundering in volle grond. De vloerisolatie wordt doorbroken door het dragend binnenspouwblad. Een kimblok van 11.3 cm hoogte wordt gebruikt als aanzet van de muur om de bouwknoop thermisch te verbeteren. Het detail wordt weergegeven in Figuur 3. Er wordt geen gevelbekleding van de gevelmuur meegenomen in het model aangezien deze een verwaarloosbare thermische weerstand heeft. De resultaten zijn zodus bruikbaar voor de meest voorkomende (geventileerde) gevelbekledingsystemen (gevelsteen, houten planken, sidings, leien, vezelcementplaten, ...). De dikte van de isolatie hangt af van de U-waarde waarmee wordt gerekend in de verschillende scenario's (zie verder).



Figuur 3: Detail bouwknoop gevel op vloer op volle grond met 1 kimblok.

Het effect van de thermische onderbreking hangt af van de breedte van de kimblok (b_{blok}) en de U-waarde van de vloer en de gevel. Voor de vloer en de gevel wordt steeds uitgegaan van een logische situatie waarin beide U-waardes gelijk zijn. De lijnkoudebrugfactor wordt voor verschillende configuraties berekend aan de hand van numerieke simulaties, besproken in Appendix. De resulterende lijnkoudebrugfactor per U-waarde van de vloer en gevel en per breedte van de kimblok wordt weergegeven in Tabel 8. De temperatuurfactor voor de verschillende configuraties wordt weergegeven in Tabel 9. Deze voldoet ruimschoots aan de typische gestelde minimumeis van 0.7 om schimmelgroei te vermijden³. Indien de U-waarde van de vloer in een specifiek project tussen twee grenswaarden in ligt, is het een veilige aanname om die grenswaarde te gebruiken die het meest negatief is (de hoogste lijnkoudebrugfactor en de laagste temperatuurfactor). Ter illustratie zou je bij een kimblok met een breedte van 17.5 cm en een U-waarde van de vloer van 0.13 W/m²K een lijnkoudebrugfactor van 0.14 W/mK gebruiken en een temperatuurfactor van 0.88.

Tabel 8: Lijnkoudebrugfactor als functie van breedte kimblok en U-waarde vloer bij gebruik van 1 kimblok.

Ψ_{2D} [W/mK]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	+0.12	+0.14	+0.16
0.16	+0.11	+0.13	+0.16
0.2	+0.10	+0.12	+0.15
0.24	+0.09	+0.10	+0.12

³ De ondergrens van 0.7 is geldig voor een normaal binnenklimaat met adequate ventilatie. Indien er veel vochtproductie of andere bijzondere randvoorwaarden aanwezig zijn, kan het nodig zijn om een hogere minimumgrens te eisen (zie ook Technische Voorlichting 153 van het WTCB).

Tabel 9: Temperatuurfactor als functie van breedte kimblok en U-waarde vloer bij gebruik van 1 kimblok.

$f_{Rsi} [-]$	$b_{blok} [m]$		
$U_{vloer} [W/m^2K]$	0.15	0.175	0.214
0.12	0.89	0.89	0.88
0.16	0.88	0.88	0.87
0.2	0.88	0.87	0.87
0.24	0.87	0.87	0.86

Een andere manier om de impact van de bouwknop weer te geven is de hoeveelheid vloerisolatie die je 'verliest' omwille van de aanwezigheid van de bouwknop (hoe beter je deze knop aanpakt, hoe minder isolatiedikte je verliest). Dit hangt af van de totale tussenafstand tussen twee opeenvolgende bouwknopen (de afstand tussen twee buitenmuren of de gebouwlengte), en wordt daarom voor 3 verschillende lengtes uitgerekend: 5 m, 10 m en 15 m. In Tabel 10 wordt de gebruikte vloerisolatiedikte weergegeven, gevolgd door de dikte/correctie die in rekening gebracht kan worden omwille van de aanwezigheid van de bouwknop (afhankelijk van deze drie lokaallengtes).

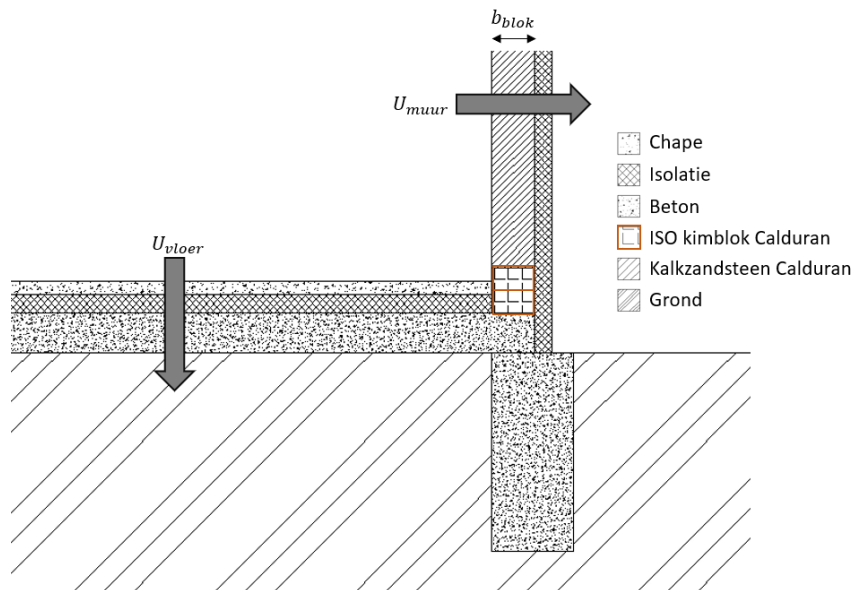
Tabel 10: Initiële isolatiedikte en gereduceerde isolatiedikte omwille van de aanwezigheid van de bouwknop (in functie van de gebouwlengte). Deze berekening is gemaakt voor een isokimblok met breedte 17.5 cm.

		Lengte gebouw [m]		
$U_{vloer} [W/m^2K]$	$d_{isolatie} [cm]$	5	10	15
0.12	19	13	15	16
0.16	14	10	12	12
0.2	11	8	9	10
0.24	9	7	8	8

		Lengte gebouw [m]		
$U_{vloer} [W/m^2K]$	$d_{isolatie} [cm]$	5	10	15
0.12	19	-6.3 cm	-3.7 cm	-2.6 cm
0.16	14	-3.7 cm	-2.1 cm	-1.5 cm
0.2	11	-2.4 cm	-1.3 cm	-0.9 cm
0.24	9	-1.5 cm	-0.8 cm	-0.5 cm

III.2. Gebruik van twee kimblokken

Het gebruik van 2 kimblokken boven elkaar in plaats van 1 vermindert het warmteverlies doorheen de bouwknop. Het detail wordt weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4: Detail bouwknop gevel op vloer op volle grond met twee kimblokken.

De resultaten worden weergegeven in Tabel 11 tot Tabel 13. Zoals verwacht presteert de bouwknop beter indien twee kimblokken boven elkaar worden gebruikt in plaats van slechts 1. Zeker indien de dikte van de vloerisolatie groter is dan de hoogte van één kimblok (11.3 cm), is er nog een gevoelige verbetering. Bij voorkeur komt de totale hoogte van de kimblok(ken) dus boven de vloerisolatie uit, maar omwille van andere redenen (wandopbouw, kostprijs, ...) kan toch met 1 kimblok gewerkt worden om de bouwknop aan te pakken.

Tabel 11: Lijnkoudebrugfactor als functie van breedte kimblok en U-waarde vloer bij gebruik van 2 kimblokken.

Ψ_{2D} [W/mK]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	+0.08	+0.10	+0.12
0.16	+0.08	+0.10	+0.12
0.2	+0.08	+0.09	+0.11
0.24	+0.06	+0.08	+0.09

Tabel 12: Temperatuurfactor als functie van breedte kimblok en U-waarde vloer bij gebruik van 2 kimblokken.

f_{Rsi} [-]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	0.91	0.91	0.91
0.16	0.90	0.90	0.90
0.2	0.89	0.88	0.88
0.24	0.87	0.87	0.87

Tabel 13: Initiële isolatiedikte en gereduceerde isolatiedikte omwille van de aanwezigheid van de bouwknoop (in functie van de gebouwlengte). Deze berekening is gemaakt voor een isokimblok met breedte 17.5 cm.

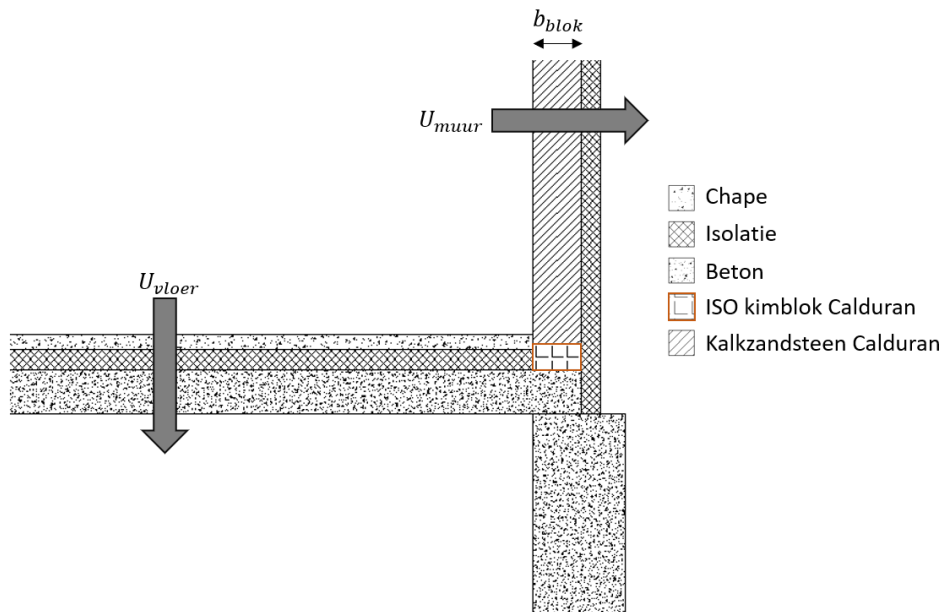
		<i>Lengte gebouw [m]</i>		
$U_{vloer} [W/m^2K]$	$d_{isolatie} [cm]$	5	10	15
0.12	19	14	16	17
0.16	14	11	12	13
0.2	11	9	10	10
0.24	9	8	8	8

		<i>Lengte gebouw [m]</i>		
$U_{vloer} [W/m^2K]$	$d_{isolatie} [cm]$	5	10	15
0.12	19	-4.9 cm	-2.8 cm	-2.0 cm
0.16	14	-2.9 cm	-1.6 cm	-1.1 cm
0.2	11	-1.9 cm	-1 cm	-0.7 cm
0.24	9	-1.1 cm	-0.6 cm	-0.4 cm

IV. Bouwknoop 3: gevel – vloer boven onbeschermd volume (kelder, parking, AOR, ...)

IV.1. Gebruik van één kimblok

Deze bouwknoop betreft de aansluiting van een gevel en een betonnen vloer boven een onbeschermd volume zoals bijvoorbeeld een parkeerruimte, kelder of een aangrenzende onverwarmde ruimte (AOR, zie EPB). De vloerisolatie wordt doorbroken door het dragende binnenspouwblad. Een kimblok van 11.3 cm hoogte worden gebruikt als aanzet van muur om de bouwknoop thermisch te verbeteren. Het detail wordt weergegeven in Figuur 5. Er wordt geen gevelbekleding van de gevelmuur meegenomen in het model aangezien deze een verwaarloosbare thermische weerstand heeft. De resultaten zijn zodus bruikbaar voor de meest voorkomende (geventileerde) gevelbekledingsystemen (gevelsteen, houten planken, sidings, leien, vezelcementplaten, ...). De dikte van de isolatie hangt af van de U-waarde waarmee wordt gerekend in de verschillende scenario's (zie verder).



Figuur 5: Detail bouwknoop gevel op vloer boven onbeschermd volume met 1 kimblok.

Het effect van de thermische onderbreking hangt af van de breedte van de kimblok (b_{blok}) en de U-waarde van de vloer en de gevel. Voor de vloer en de gevel wordt steeds uitgegaan van een logische situatie waarin beide U-waardes gelijk zijn. De lijnkoudebrugfactor wordt voor verschillende configuraties berekend aan de hand van numerieke simulaties, besproken in Appendix. De resulterende lijnkoudebrugfactor per U-waarde van de vloer en gevel en per breedte van de kimblok wordt weergegeven in Tabel 14. De temperatuurfactor voor de verschillende configuraties wordt weergegeven in Tabel 15. Deze voldoet ruimschoots aan de typische gestelde minimumeis van 0.7 om schimmelgroei te vermijden⁴. Indien de U-waarde van de vloer in een specifiek project tussen twee grenswaarden in ligt, is het een veilige aanname om die grenswaarde te gebruiken die het meest negatief is (de hoogste lijnkoudebrugfactor en de laagste temperatuurfactor). Ter illustratie zou je bij een kimblok met een breedte van 17.5 cm en een U-waarde van de vloer van 0.17 W/m²K een lijnkoudebrugfactor van 0.16 W/mK gebruiken en een temperatuurfactor van 0.85.

⁴ De ondergrens van 0.7 is geldig voor een normaal binnenklimaat met adequate ventilatie. Indien er veel vochtproductie of andere bijzondere randvoorwaarden aanwezig zijn, kan het nodig zijn om een hogere minimumgrens te eisen (zie ook Technische Voorlichting 153 van het WTCB).

Tabel 14: Lijnkoudebrugfactor als functie van breedte kimblok en U-waarde vloer bij gebruik van 1 kimblok.

$\Psi_{2D} [W/mK]$	$b_{blok} [m]$		
$U_{vloer} [W/m^2K]$	0.15	0.175	0.214
0.12	+0.14	+0.16	+0.19
0.16	+0.14	+0.16	+0.18
0.2	+0.13	+0.15	+0.17
0.24	+0.07	+0.11	+0.14

Tabel 15: Temperatuurfactor als functie van breedte kimblok en U-waarde vloer bij gebruik van 1 kimblok.

$f_{Rsi} [-]$	$b_{blok} [m]$		
$U_{vloer} [W/m^2K]$	0.15	0.175	0.214
0.12	0.87	0.87	0.86
0.16	0.86	0.86	0.85
0.2	0.85	0.85	0.84
0.24	0.84	0.84	0.83

Een andere manier om de impact van de bouwknoop weer te geven is de hoeveelheid vloerisolatie die je 'verliest' omwille van de aanwezigheid van de bouwknoop (hoe beter je deze knoop aanpakt, hoe minder isolatiedikte je verliest). Dit hangt af van de totale tussenafstand tussen twee opeenvolgende bouwknoepen (de afstand tussen twee buitenmuren oftewel de gebouwlengte), en wordt daarom voor 3 verschillende lengtes uitgerekend: 5 m, 10 m en 15 m. In Tabel 16 wordt de gebruikte vloerisolatiedikte weergegeven, gevolgd door de dikte/correctie die in rekening gebracht kan worden omwille van de aanwezigheid van de bouwknoop (afhankelijk van deze drie lokaallengtes).

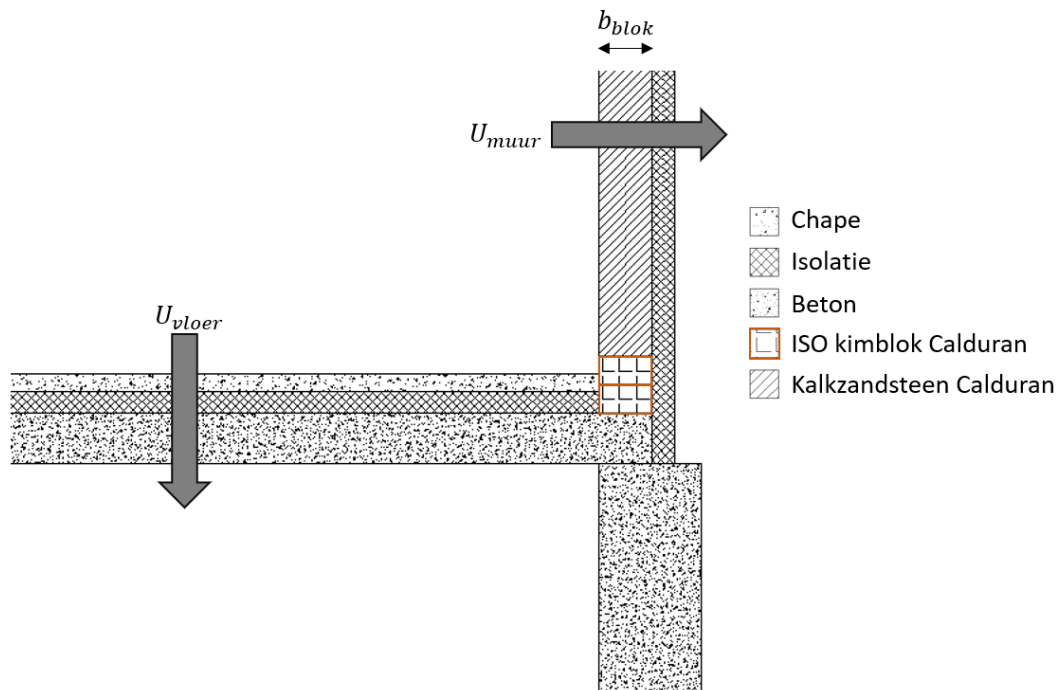
Tabel 16: Initiële isolatiedikte en gereduceerde isolatiedikte omwille van de aanwezigheid van de bouwknoop (in functie van de gebouwlengte). Deze berekening is gemaakt voor een isokimblok met breedte 17.5 cm.

		Lengte gebouw [m]		
$U_{vloer} [W/m^2K]$	$d_{isolatie} [cm]$	5	10	15
0.12	19	12	15	16
0.16	14	10	11	12
0.2	11	8	9	10
0.24	9	7	8	8

		Lengte gebouw [m]		
$U_{vloer} [W/m^2K]$	$d_{isolatie} [cm]$	5	10	15
0.12	19	-7.0 cm	-4.2 cm	-3.0 cm
0.16	14	-4.2 cm	-2.5 cm	-1.7 cm
0.2	11	-2.7 cm	-1.5 cm	-1.1 cm
0.24	9	-1.6 cm	-0.9 cm	-0.6 cm

IV.2. Gebruik van twee kimblokken

Het gebruik van 2 kimblokken boven elkaar in plaats van 1 vermindert het warmteverlies doorheen de bouwknop. Het detail wordt weergegeven in Figuur 6.



Figuur 6: Detail bouwknop gevel op vloer boven een onbeschermd volume met twee kimblokken.

De resultaten worden weergegeven in Tabel 17 tot Tabel 19. Zoals verwacht presteert de bouwknop beter indien twee kimblokken boven elkaar worden gebruikt in plaats van slechts 1. Zeker indien de dikte van de vloerisolatie groter is dan de hoogte van één kimblok (11.3 cm), is er nog een gevoelige verbetering. Bij voorkeur komt de totale hoogte van de kimblok(ken) dus boven de vloerisolatie uit, maar omwille van andere redenen (wandopbouw, kostprijs, ...) kan toch met 1 kimblok gewerkt worden om de bouwknop aan te pakken.

Tabel 17: Lijnkoudebrugfactor als functie van breedte kimblok en U-waarde vloer bij gebruik van 2 kimblokken.

Ψ_{2D} [W/mK]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	+0.09	+0.11	+0.13
0.16	+0.09	+0.11	+0.13
0.2	+0.09	+0.10	+0.12
0.24	+0.07	+0.08	+0.09

Tabel 18: Temperatuurfactor als functie van breedte kimblok en U-waarde vloer bij gebruik van 2 kimblokken.

f_{Rsi} [-]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	0.90	0.90	0.89
0.16	0.89	0.88	0.88
0.2	0.87	0.86	0.86
0.24	0.85	0.85	0.85

Tabel 19: Initiële isolatiedikte en gereduceerde isolatiedikte omwille van de aanwezigheid van de bouwknoop (in functie van de gebouwlengte). Deze berekening is gemaakt voor een isokimblok met breedte 17.5 cm.

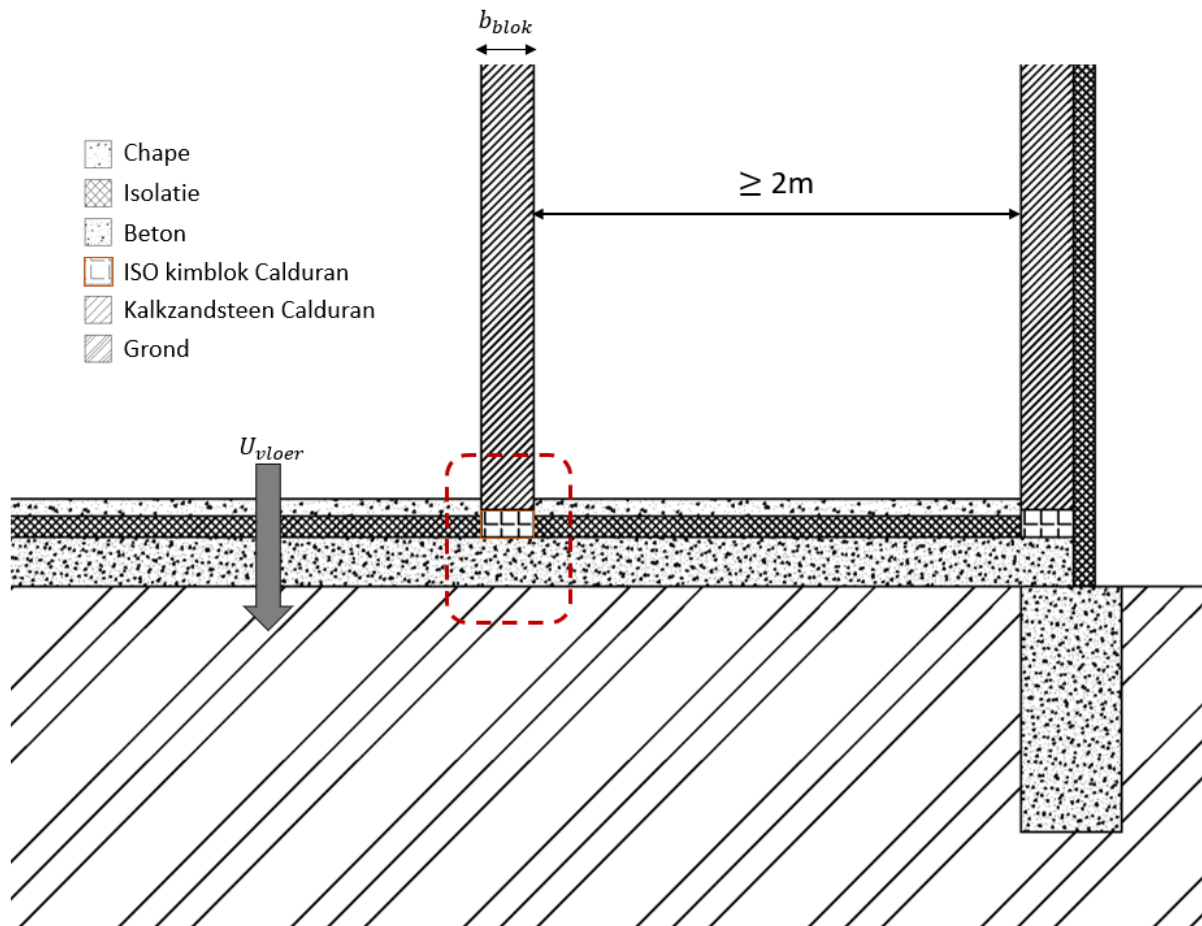
		Lengte gebouw [m]		
$U_{vloer} [W/m^2K]$	$d_{isolatie} [cm]$	5	10	15
0.12	19	14	16	17
0.16	14	11	12	13
0.2	11	9	10	10
0.24	9	8	8	8

		Lengte gebouw [m]		
$U_{vloer} [W/m^2K]$	$d_{isolatie} [cm]$	5	10	15
0.12	19	-5.3 cm	-3.0 cm	-2.1 cm
0.16	14	-3.2 cm	-1.8 cm	-1.2 cm
0.2	11	-2.1 cm	-1.1 cm	-0.8 cm
0.24	9	-1.1 cm	-0.6 cm	-0.4 cm

V. Bouwknoop 4: binnenmuur – vloer op volle grond

V.1. Gebruik van één kimblok

Deze bouwknoop betreft de aansluiting van een binnenmuur op een betonnen vloer (met thermische vloerisolatie op de vloerplaat) die op volle grond staat⁵. De thermische vloerisolatie wordt doorbroken door deze muur. Een kimblok van 11.3 cm hoogte worden gebruikt als aanzet van de muur om de bouwknoop thermisch te verbeteren. Het detail wordt weergegeven in Figuur 7.



Figuur 7: Detail bouwknoop gevel op vloer boven volle grond.

Het effect van de thermische onderbreking hangt af van de breedte van de kimblok (b_{blok}) en de U-waarde van de vloer. Daarnaast hangt het ook af van de afstand van de binnenmuur tot de buitenomgeving: een grotere afstand zorgt voor een grotere weglengte die de warmtestroom moet overbruggen. Hier wordt gekozen voor een binnenafstand van 2 meter, zoals bijvoorbeeld het geval zou zijn voor een gang. Indien de afstand groter is, zal het effect van de koudebrug verminderen en mogen de berekende waarden in dit rapport gebruikt worden als worst-case benadering.

De lijnkoudebrugfactor wordt voor verschillende configuraties berekend aan de hand van numerieke simulaties, besproken in Appendix. De resulterende lijnkoudebrugfactor per U-waarde van de vloer en per breedte van de kimblok wordt weergegeven in Tabel 20. De temperatuurfactor voor de verschillende

⁵ Volgens de huidige EPB-wetgeving is het niet nodig om dit type bouwknoop rechtstreeks in te rekenen. Toch heeft deze bouwknoop een bepaalde invloed op het warmteverlies, en kunnen meer gedetailleerde berekeningen de bekomen resultaten gebruiken.

configuraties wordt weergegeven in Tabel 21. Deze voldoet ruimschoots aan de typische gestelde minimumeis van 0.7 om schimmeligroei te vermijden⁶. Indien de U-waarde van de vloer in een specifiek project tussen twee grenswaarden in ligt, is het een veilige aanname om die grenswaarde te gebruiken die het meest negatief is (de hoogste lijnkoudebrugfactor en de laagste temperatuurfactor). Ter illustratie zou je bij een kimblok met een breedte van 17.5 cm en een U-waarde van de vloer van 0.15 W/m²K een lijnkoudebrugfactor van 0.13 W/mK gebruiken en een temperatuurfactor van 0.94.

Tabel 20: Lijnkoudebrugfactor als functie van breedte kimblok en U-waarde vloer bij gebruik van 1 kimblok.

Ψ_{2D} [W/mK]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	+0.12	+0.13	+0.15
0.16	+0.11	+0.12	+0.14
0.2	+0.10	+0.11	+0.13
0.24	+0.10	+0.10	+0.12

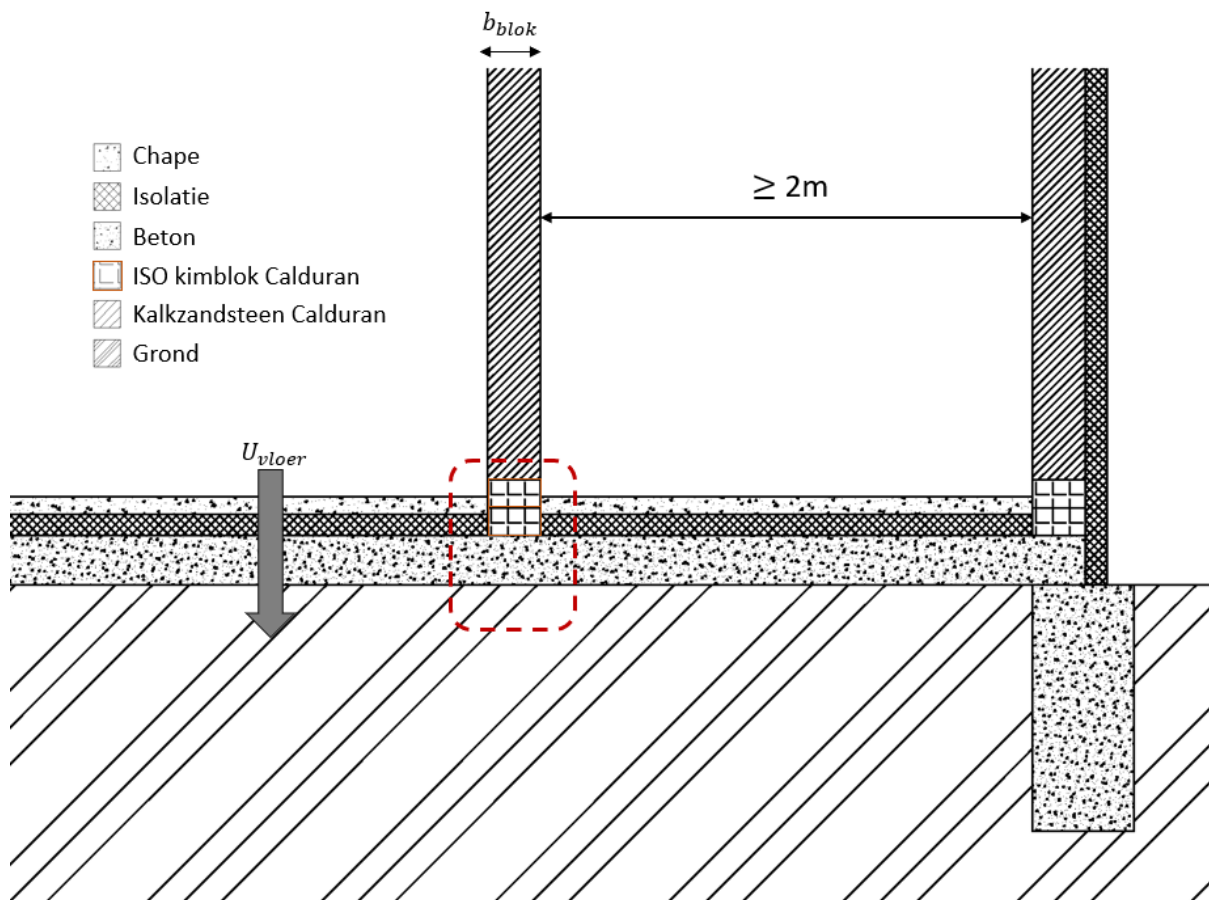
Tabel 21: Temperatuurfactor als functie van breedte kimblok en U-waarde vloer bij gebruik van 1 kimblok.

f_{Rsi} [–]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	0.94	0.94	0.94
0.16	0.94	0.94	0.93
0.2	0.94	0.94	0.93
0.24	0.94	0.93	0.93

⁶ De ondergrens van 0.7 is geldig voor een normaal binnenklimaat met adequate ventilatie. Indien er veel vochtproductie of andere bijzondere randvoorwaarden aanwezig zijn, kan het nodig zijn om een hogere minimumgrens te eisen (zie ook Technische Voorlichting 153 van het WTCB).

V.2. Gebruik van twee kimblokken

Het gebruik van 2 kimblokken boven elkaar in plaats van 1 vermindert het warmteverlies doorheen de bouwknop. Het detail wordt weergegeven in Figuur 8.



Figuur 8: Detail bouwknop binnenmuur op vloer boven volle grond met twee kimblokken.

De resultaten worden weergegeven in Tabel 22 en Tabel 23. Zoals verwacht presteert de bouwknop beter indien twee kimblokken boven elkaar worden gebruikt in plaats van slechts 1. Zeker indien de dikte van de vloerisolatie groter is dan de hoogte van één kimblok (11.3 cm), is er nog een gevoelige verbetering. Bij voorkeur komt de totale hoogte van de kimblok(ken) dus boven de vloerisolatie uit, maar omwille van andere redenen (wandopbouw, kostprijs, ...) kan toch met 1 kimblok gewerkt worden om de bouwknop aan te pakken.

Tabel 22: Lijnkoudebrugfactor als functie van breedte kimblok en U-waarde vloer bij gebruik van 2 kimblokken.

Ψ_{2D} [W/mK]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	+0.09	+0.10	+0.12
0.16	+0.09	+0.10	+0.12
0.2	+0.09	+0.10	+0.11
0.24	+0.09	+0.10	+0.11

Tabel 23: Temperatuurfactor als functie van breedte kimblok en U-waarde vloer bij gebruik van 2 kimblokken.

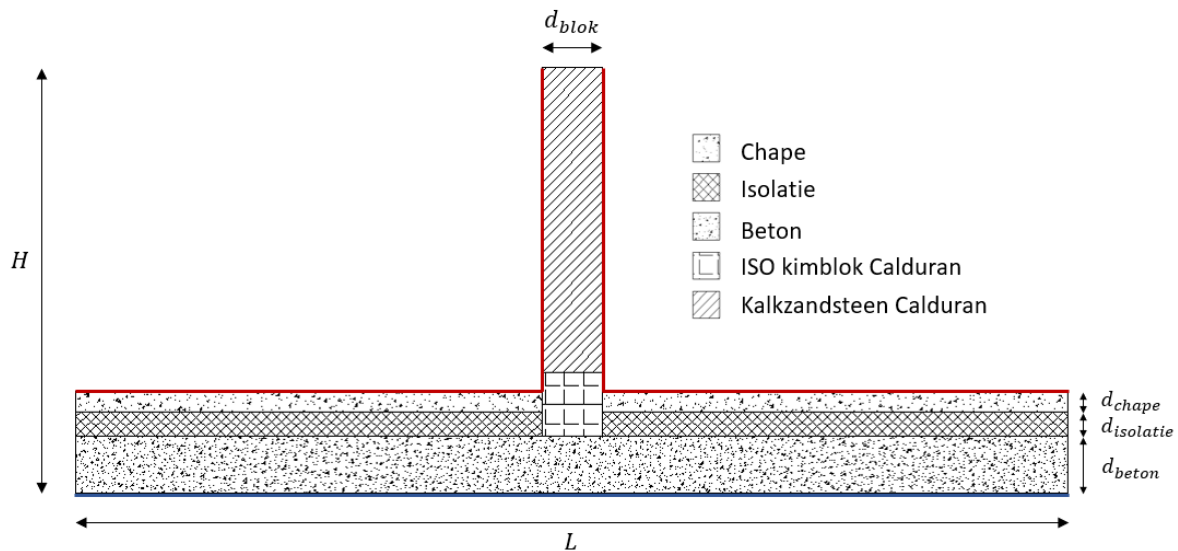
$f_{Rsi} [-]$	$b_{blok} [m]$		
$U_{vloer} [W/m^2K]$	0.15	0.175	0.214
0.12	0.95	0.95	0.95
0.16	0.94	0.94	0.94
0.2	0.94	0.93	0.93
0.24	0.93	0.93	0.92

A. Appendix: numerieke simulaties

Alle resultaten zijn bekomen via gedetailleerde numerieke simulaties met de software COMSOL Multiphysics v5.4. Bij alle simulaties is voldaan aan de eisen gesteld in Bijlage 5 bij het Ministerieel Besluit van 28 december 2018 gepubliceerd in het Belgisch staatsblad op 29 januari 2019. Dit rapport dient als bewijslast voor EPB.

A.1. Bouwknoop 1: binnenmuur – vloer boven onbeschermd volume

De aansluiting van de binnenmuur op de vloer boven een onbeschermd volume (kelder, parking, AOR, ...) is gemodelleerd zoals weergegeven in Figuur 9 (voorbeeld met twee kimblokken).



Figuur 9: Afbeelding gemodelleerde bouwknoop met aanduiding materialen en afmetingen.

De materialen en hun gebruikte eigenschappen worden samengevat in Tabel 24. Deze waarden zijn ofwel bekomen bij de betreffende fabrikant, of wel in de geldende norm NBN B 62-002/A1. Voor de isolatielaag wordt een zeer performant materiaal verondersteld, zodat de numerieke berekening van de bouwknoop een worst-case scenario betreft.

Tabel 24: Gebruikte materiaaleigenschappen in numerieke simulaties.

Materiaal	λ [W/mK]
Chape	1.3
Isolatie	0.024
Beton	1.7
ISO kimblok Calduran	0.33
Kalkzandsteen element Calduran	0.92

De gebruikte diktes van de materialen worden samengevat in Tabel 25. De dikte van de isolatie wordt sequentieel aangepast om verschillende U-waarden voor de vloer te bekomen. De totale lengte L van de vloer bedraagt 3.5 m en de totale hoogte H 1.5 m, zodat voldaan wordt aan de vereiste minimum-afmetingen.

Tabel 25: Gebruikte diktes van materiaallagen in numerieke simulaties.

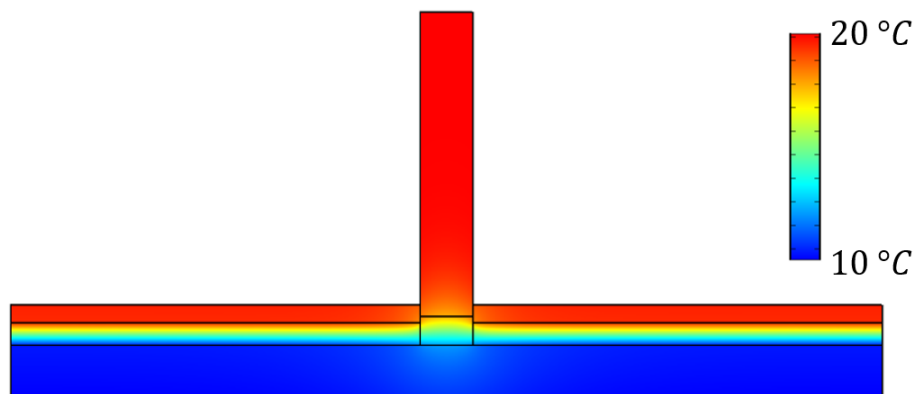
U_{vloer} [W/m ² K]	d_{beton} [cm]	$d_{isolatie}$ [cm]	d_{chape} [cm]
0.12	20	19	7
0.16	20	14	7
0.2	20	11	7
0.24	20	9	7

Op de rode vlakken in Figuur 9 wordt een warmtestroom naar de binnenomgeving op 20 °C gemodelleerd, en op de blauwe vlakken een warmtestroom naar de buitenomgeving op 10 °C. Voor de overgangsweerstanden worden de gegevens uit Tabel 26 gebruikt. Alle andere vlakken zijn adiabatisch gemodelleerd.

Tabel 26: Gebruikte overgangsweerstanden in numerieke simulaties.

Type	$R_{overgang} [m^2 K/W]$
Horizontale vlakken	0.167
Verticale vlakken	0.125

Een voorbeeld van een bekomen temperatuurprofiel in de bouwknop wordt weergegeven in Figuur 10.



Figuur 10: Resulterende temperatuurprofiel in bouwknop na numerieke simulatie.

Het totale warmteverlies Q_{2D} doorheen de constructie hangt af van de breedte van de kimblok en de U-waarde van de vloer. Ze wordt berekend met behulp van de simulatieresultaten en wordt weergegeven in Tabel 27 voor 1 kimblok en Tabel 28 voor 2 kimblokken.

Tabel 27: Berekende Q_{2D} bij gebruik 1 kimblok.

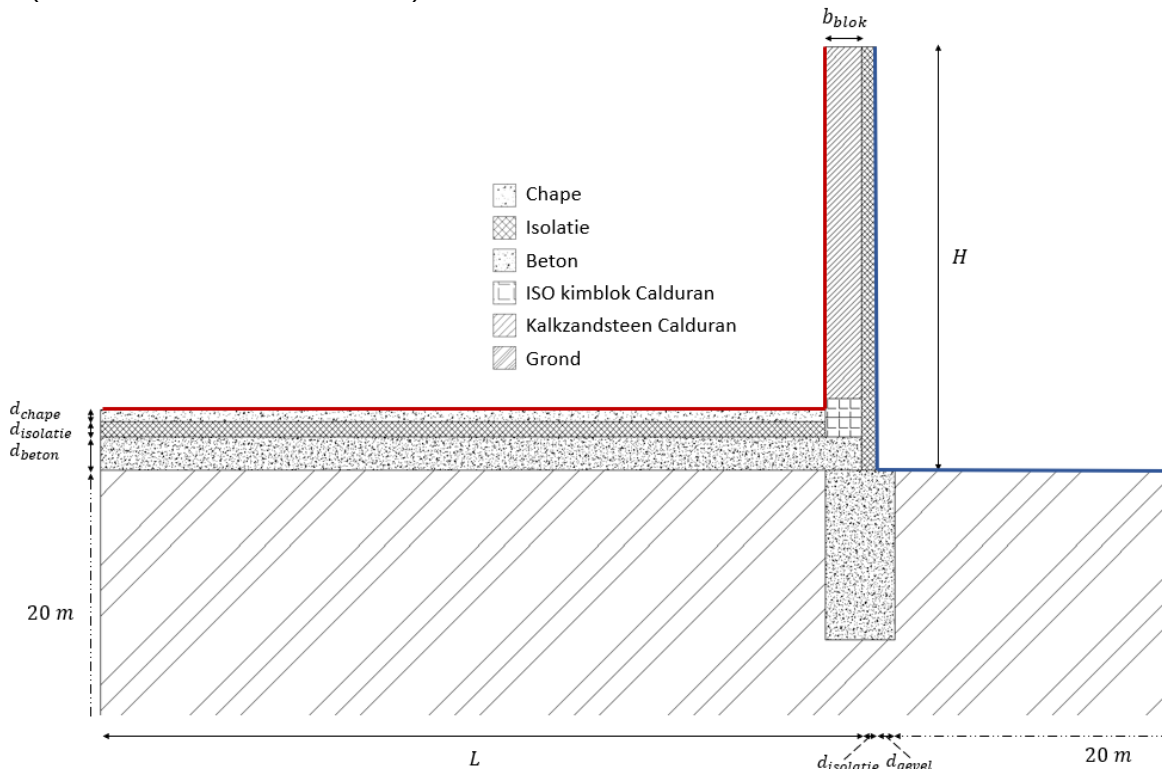
$Q_{2D} [W]$	$b_{blok} [m]$		
$U_{vloer} [W/m^2 K]$	0.15	0.175	0.214
0.12	6.34	6.62	7.04
0.16	7.84	8.13	8.56
0.2	9.27	9.56	9.98
0.24	10.74	11.02	11.43

Tabel 28: Berekende Q_{2D} bij gebruik 2 kimblokken.

$Q_{2D} [W]$	$b_{blok} [m]$		
$U_{vloer} [W/m^2 K]$	0.15	0.175	0.214
0.12	5.78	5.99	6.31
0.16	7.40	7.62	7.95
0.2	8.98	9.20	9.52
0.24	10.52	10.74	11.06

A.2. Bouwknoop 2: gevel – vloer op volle grond

De aansluiting van de gevel op de vloer op volle grond is gemodelleerd zoals weergegeven in Figuur 11 (voorbeeld met twee kimblokken).



Figuur 11: Afbeelding gemodelleerde bouwknoop met aanduiding materialen en afmetingen.

De materialen en hun gebruikte eigenschappen worden samengevat in Tabel 29. Deze waarden zijn ofwel bekomen bij de betreffende fabrikant, of wel in de geldende norm NBN B 62-002/A1. Voor de isolatielaag wordt een zeer performant materiaal verondersteld, zodat de numerieke berekening van de bouwknoop een worst-case scenario betreft.

Tabel 29: Gebruikte materiaaleigenschappen in numerieke simulaties.

Materiaal	λ [W/mK]
Chape	1.3
Isolatie	0.024
Beton	1.7
ISO kimblok Calduran	0.33
Kalkzandsteen element Calduran	0.92
Grond	2

De gebruikte diktes van de materialen worden samengevat in Tabel 30. De dikte van de isolatie wordt sequentieel aangepast om verschillende U-waarden voor de vloer te bekomen. De totale lengte L van de vloer bedraagt 4.5 m en de totale hoogte H 2.5 m, zodat voldaan wordt aan de vereiste minimum-afmetingen. De diepte/breedte van de grond onder/buiten de vloer/gevel wordt gelijk genomen aan 20 m zoals voorgeschreven in de norm.

Tabel 30: Gebruikte diktes van materiaallagen in numerieke simulaties.

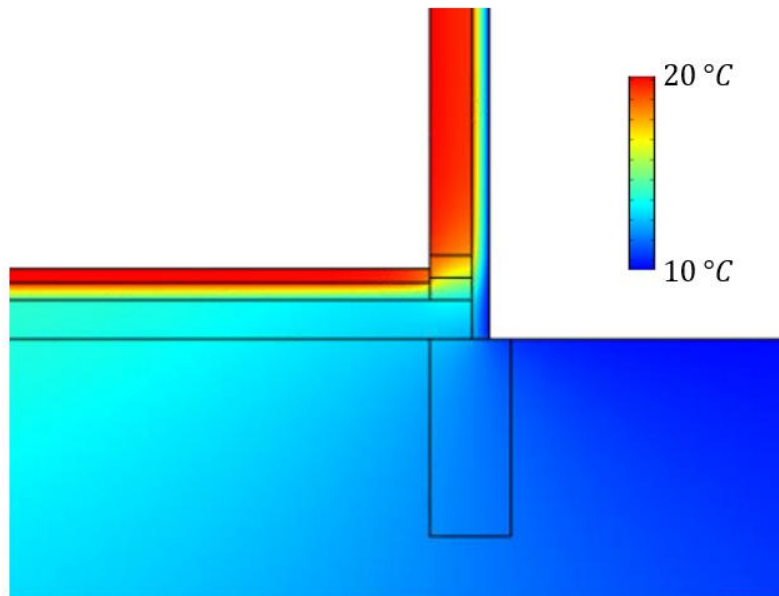
$U_{vloer/muur} [W/m^2K]$	$d_{beton} [cm]$	$d_{isolatie} [cm]$	$d_{chape} [cm]$	$d_{gevel} [cm]$
0.12	20	19	7	11
0.16	20	14	7	11
0.2	20	11	7	11
0.24	20	9	7	11

Op de rode vlakken in Figuur 11 wordt een warmtestroom naar de binnenomgeving op 20 °C gemodelleerd, en op de blauwe vlakken een warmtestroom naar de buitenomgeving op 10 °C. Voor de overgangsweerstanden worden de gegevens uit Tabel 31 gebruikt. Alle andere vlakken zijn adiabatisch gemodelleerd.

Tabel 31: Gebruikte overgangsweerstanden in numerieke simulaties.

Type	$R_{overgang} [m^2K/W]$
Horizontale vlakken (warmtestroom boven→onder)	0.167
Horizontale vlakken (warmtestroom onder→boven)	0.1
Verticale vlakken	0.125

Een voorbeeld van een bekomen temperatuurprofiel in de bouwknop wordt weergegeven in Figuur 12.



Figuur 12: Resulterende temperatuurprofiel in bouwknop na numerieke simulatie.

Het totale warmteverlies Q_{2D} doorheen de constructie hangt af van de breedte van de kimblok en de U-waarde van de vloer en gevel. Ze wordt berekend met behulp van de simulatieresultaten en wordt weergegeven in Tabel 32 voor 1 kimblok en Tabel 33 voor 2 kimblokken.

Tabel 32: Berekende Q_{2D} bij gebruik 1 kimblok.

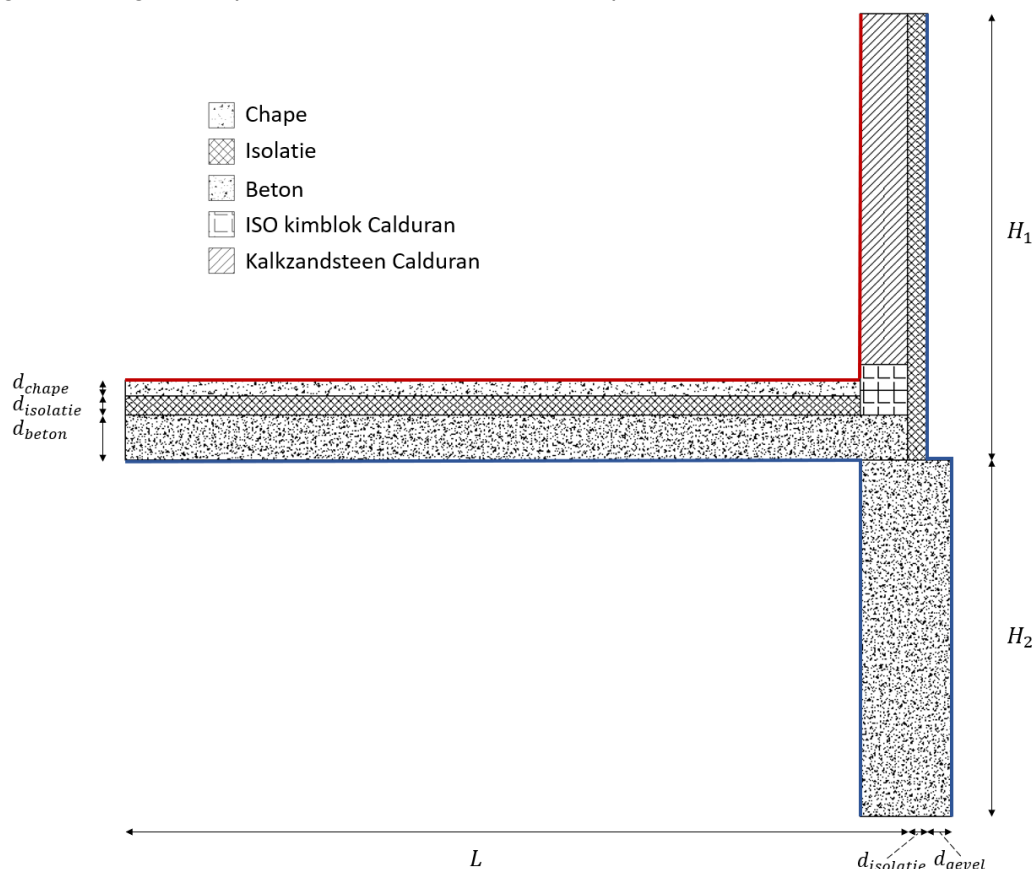
$Q_{2D} [W]$	$b_{blok} [m]$		
$U_{vloer} [W/m^2K]$	0.15	0.175	0.214
0.12	8.44	8.59	8.81
0.16	10.48	10.63	10.82
0.2	12.37	12.51	12.68
0.24	14.18	14.31	14.46

Tabel 33: Berekende Q_{2D} bij gebruik 2 kimblokken.

Q_{2D} [W]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m ² K]	0.15	0.175	0.214
0.12	8.08	8.20	8.37
0.16	10.16	10.27	10.42
0.2	12.11	12.21	12.33
0.24	13.95	14.04	14.14

A.3. Bouwknoop 3: gevel – vloer boven onbeschermd volume

De aansluiting van de gevel op de vloer boven een onbeschermd volume is gemodelleerd zoals weergegeven in Figuur 13 (voorbeeld met twee kimblokken).



Figuur 13: Afbeelding gemodelleerde bouwknoop met aanduiding materialen en afmetingen.

De materialen en hun gebruikte eigenschappen worden samengevat in Tabel 34. Deze waarden zijn ofwel bekomen bij de betreffende fabrikant, of wel in de geldende norm NBN B 62-002/A1. Voor de isolatielaag wordt een zeer performant materiaal verondersteld, zodat de numerieke berekening van de bouwknoop een worst-case scenario betreft.

Tabel 34: Gebruikte materiaaleigenschappen in numerieke simulaties.

Materiaal	λ [W/mK]
Chape	1.3
Isolatie	0.024
Beton	1.7
ISO kimblok Calduran	0.33
Kalkzandsteen element Calduran	0.92

De gebruikte diktes van de materialen worden samengevat in Tabel 35. De dikte van de isolatie wordt sequentieel aangepast om verschillende U-waarden voor de vloer te bekomen. De totale lengte L van de betonnen vloer bedraagt 3.5 m, de totale hoogte H_1 van de geïsoleerde gevel 2 m en de hoogte H_2 van de betonnen muur 1.6 m, zodat voldaan wordt aan de vereiste minimum-afmetingen.

Tabel 35: Gebruikte diktes van materiaallagen in numerieke simulaties.

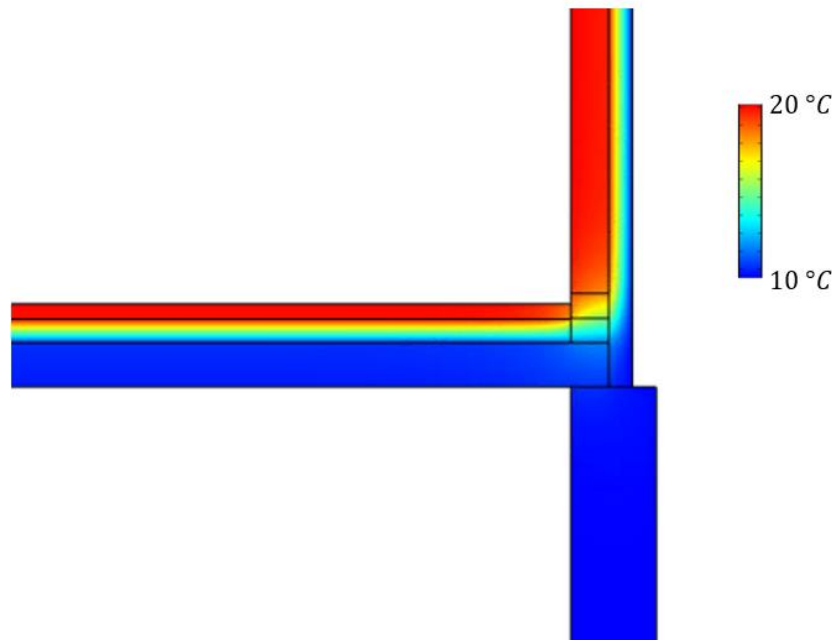
$U_{vloer/muur} [W/m^2K]$	$d_{beton} [cm]$	$d_{isolatie} [cm]$	$d_{chape} [cm]$	$d_{gevel} [cm]$
0.12	20	19	7	11
0.16	20	14	7	11
0.2	20	11	7	11
0.24	20	9	7	11

Op de rode vlakken in Figuur 13 wordt een warmtestroom naar de binnenomgeving op 20 °C gemodelleerd, en op de blauwe vlakken een warmtestroom naar de buitenomgeving op 10 °C. Voor de overgangsweerstanden worden de gegevens uit Tabel 36 gebruikt. Alle andere vlakken zijn adiabatisch gemodelleerd.

Tabel 36: Gebruikte overgangsweerstanden in numerieke simulaties.

Type	$R_{overgang} [m^2K/W]$
Horizontale vlakken (warmtestroom boven→onder)	0.167
Horizontale vlakken (warmtestroom onder→boven)	0.1
Verticale vlakken	0.125

Een voorbeeld van een bekomen temperatuurprofiel in de bouwknop wordt weergegeven in Figuur 14.



Figuur 14: Resulterende temperatuurprofiel in bouwknop na numerieke simulatie.

Het totale warmteverlies Q_{2D} doorheen de constructie hangt af van de breedte van de kimblok en de U-waarde van de vloer en gevel. Ze wordt berekend met behulp van de simulatieresultaten en wordt weergegeven in Tabel 37 voor 1 kimblok en Tabel 38 voor 2 kimblokken.

Tabel 37: Berekende Q_{2D} bij gebruik 1 kimblok.

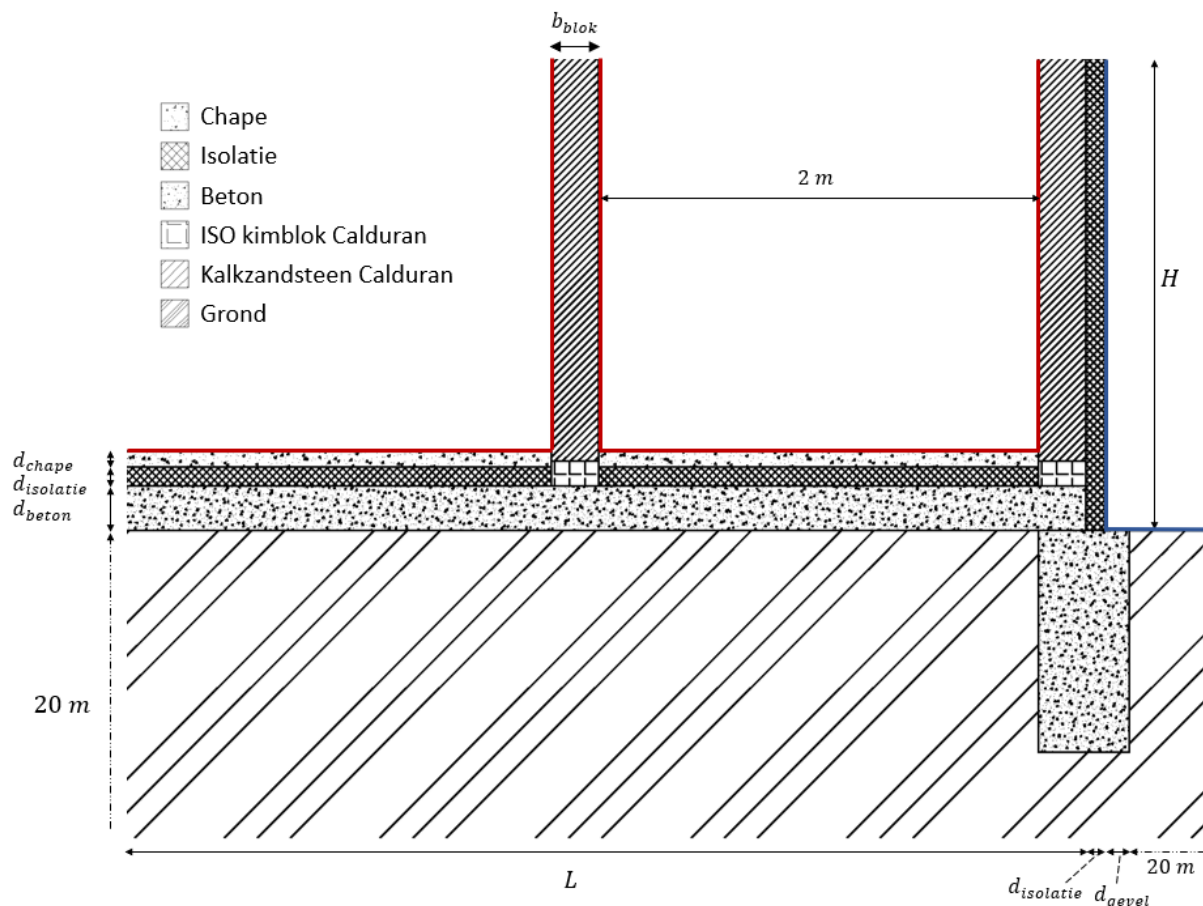
Q_{2D} [W]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m^2K]	0.15	0.175	0.214
0.12	8.06	8.27	8.56
0.16	10.23	10.42	10.70
0.2	12.33	12.51	12.76
0.24	14.15	14.61	14.82

Tabel 38: Berekende Q_{2D} bij gebruik 2 kimblokken.

Q_{2D} [W]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m^2K]	0.15	0.175	0.214
0.12	7.58	7.73	7.96
0.16	9.78	9.92	10.13
0.2	11.96	12.08	12.25
0.24	14.12	14.22	14.35

A.4. Bouwknoop 4: binnenmuur – vloer op volle grond

De bouwknoop is gemodelleerd zoals weergegeven in Figuur 15 (voorbeeld met 1 kimblok).



Figuur 15: Afbeelding gemodelleerde bouwknoop met aanduiding materialen en afmetingen.

De materialen en hun gebruikte eigenschappen worden samengevat in Tabel 39. Deze waarden zijn ofwel bekomen bij de betreffende fabrikant, of wel in de geldende norm NBN B 62-002/A1. Voor de

isolatielaag wordt een zeer performant materiaal verondersteld, zodat de numerieke berekening van de bouwknop een worst-case scenario betreft.

Tabel 39: Gebruikte materiaaleigenschappen in numerieke simulaties.

Materiaal	λ [W/mK]
Chape	1.3
Isolatie	0.024
Beton	1.7
ISO kimblok Calduran	0.33
Kalkzandsteen element Calduran	0.92
Grond	2

De gebruikte diktes van de materialen worden samengevat in Tabel 40. De dikte van de isolatie wordt sequentieel aangepast om verschillende U-waarden voor de vloer te bekomen. De totale lengte L van de betonnen vloer bedraagt 4.5 m, de totale hoogte H 2.5 m, zodat voldaan wordt aan de vereiste minimum-afmetingen. De diepte/breedte van de grond onder/buiten de vloer/gevel wordt gelijk genomen aan 20 m zoals voorgeschreven in de norm.

Tabel 40: Gebruikte diktes van materiaallagen in numerieke simulaties.

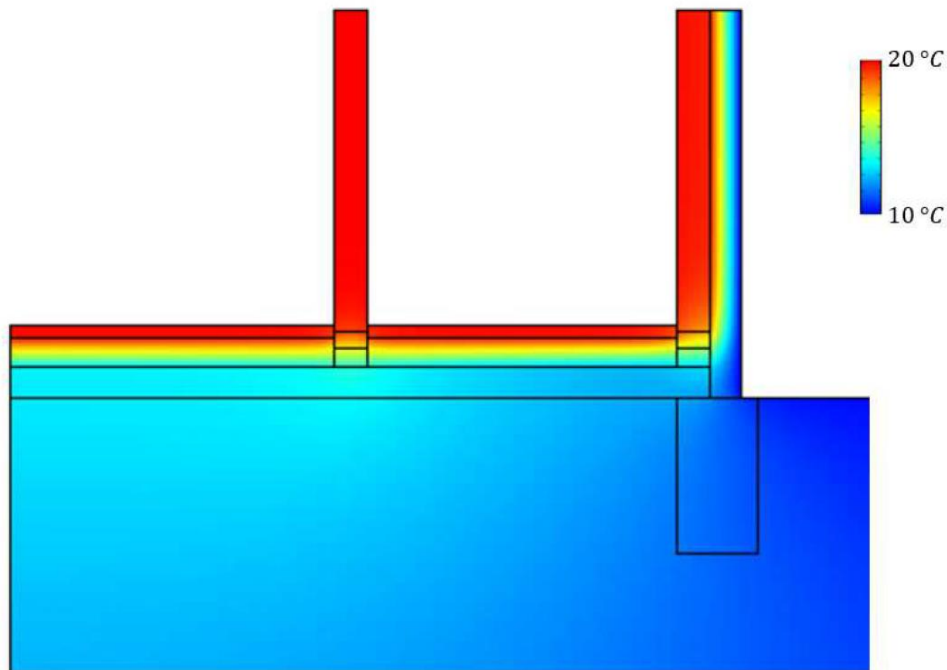
$U_{vloer/muur}$ [W/m²K]	d_{beton} [cm]	$d_{isolatie}$ [cm]	d_{chape} [cm]	d_{gevel} [cm]
0.12	20	19	7	11
0.16	20	14	7	11
0.2	20	11	7	11
0.24	20	9	7	11

Op de rode vlakken in Figuur 15 wordt een warmtestroom naar de binnenomgeving op 20 °C gemodelleerd, en op de blauwe vlakken een warmtestroom naar de buitenomgeving op 10 °C. Voor de overgangsweerstanden worden de gegevens uit Tabel 41 gebruikt. Alle andere vlakken zijn adiabatisch gemodelleerd.

Tabel 41: Gebruikte overgangsweerstanden in numerieke simulaties.

Type	$R_{overgang}$ [m²K/W]
Horizontale vlakken (warmtestroom boven→onder)	0.167
Horizontale vlakken (warmtestroom onder→boven)	0.1
Verticale vlakken	0.125

Een voorbeeld van een bekomen temperatuurprofiel in de bouwknop wordt weergegeven in Figuur 16.



Figuur 16: Resulterende temperatuurprofiel in bouwknop na numerieke simulatie.

Het totale warmteverlies Q_{2D} doorheen de constructie hangt af van de breedte van de kimblok en de U-waarde van de vloer en gevel. Ze wordt berekend met behulp van de simulatieresultaten en wordt weergegeven in Tabel 42 voor 1 kimblok en Tabel 43 voor 2 kimblokken.

Tabel 42: Berekende Q_{2D} bij gebruik 1 kimblok.

Q_{2D} [W]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m^2K]	0.15	0.175	0.214
0.12	9.66	9.93	10.28
0.16	11.65	11.89	12.22
0.2	13.47	13.68	13.96
0.24	15.25	15.41	15.63

Tabel 43: Berekende Q_{2D} bij gebruik 2 kimblokken.

Q_{2D} [W]	b_{blok} [m]		
U_{vloer} [W/m^2K]	0.15	0.175	0.214
0.12	8.08	8.20	9.55
0.16	10.16	10.27	11.58
0.2	12.11	12.21	13.44
0.24	13.95	14.04	15.20