

Thermische isolatie

$U = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020/24 Bestand*: $U < 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



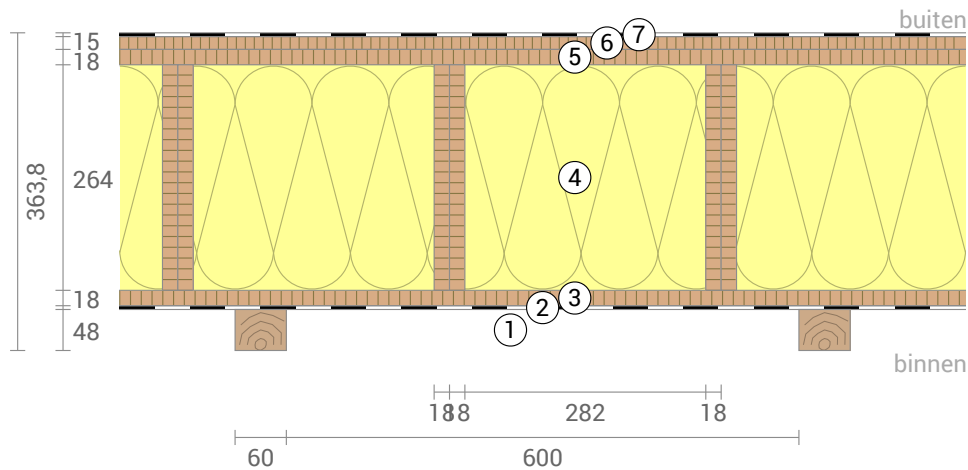
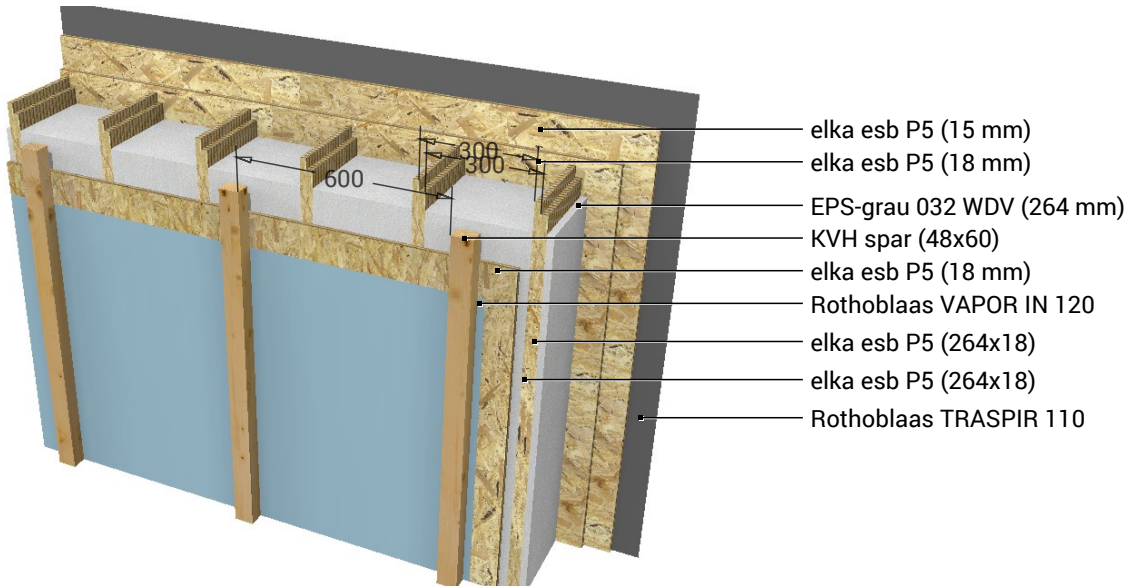
Vochtbescherming

Droogreserve: $335 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
Geen condensatiewater



Hittebescherming

Temperatuur amplitude demping: 15
Faseverschuiving: 7,5 h
Warmtecapaciteit binnen: $43 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



- | | | |
|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| ① Luchtlaag (48 mm) | ④ EPS-grau 032 WDV (264 mm) | ⑦ Rothoblaas TRASPIR 110 |
| ② Rothoblaas VAPOR IN 120 | ⑤ elka esb P5 (18 mm) | |
| ③ elka esb P5 (18 mm) | ⑥ elka esb P5 (15 mm) | |

Kamerlucht: $20,0^\circ\text{C} / 50\%$
Omgevingslucht: $-5,0^\circ\text{C} / 80\%$
Oppervlaktetemperatuur.: $20,0^\circ\text{C} / -4,9^\circ\text{C}$

μ d-waarde: 34,1 m
Droogreserve: $335 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$

Dikte: 36,4 cm
Gewicht: $60 \text{ kg}/\text{m}^2$
Warmtecapaciteit: $100 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

☒ GEG 2020/24 Bestand

☒ BEG Einzelmaßn.

☒ GEG 2023/24 Neubau

☒ DIN 4108

U-waardeberekening volgens DIN EN ISO 6946

#	Materiaal	Dicke [cm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
	Warmteovergangsweerstand binnen (Rsi)			0,130
2	Rothoblaas VAPOR IN 120	0,04	0,300	0,001
3	elka esb P5	1,80	0,120	0,150
	KVH spar (Breedte: 6 cm)	4,80	0,130	0,369
4	EPS-grau 032 WDV	26,40	0,032	8,250
	elka esb P5 (5,7%)	26,40	0,120	2,200
	elka esb P5 (5,7%)	26,40	0,120	2,200
5	elka esb P5	1,80	0,120	0,150
6	elka esb P5	1,50	0,120	0,125
7	Rothoblaas TRASPIR 110	0,04	0,300	0,001
	Warmteovergangsweerstand buiten (Rse)			0,040

De warmteovergangsweerstanden werden volgens DIN 6946 Tabel 7 geselecteerd.

Rsi: Richting van de warmtestroom horizontaal

Rse: Richting van de warmtestroom horizontaal, buiten: Directe overgang naar buitenlucht

Bovenste grenswaarde van de warmteweerstand $R_{\text{tot};\text{upper}} = 7,159 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

Onderste grenswaarde van de warmteweerstand $R_{\text{tot};\text{lower}} = 6,944 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

Toepasselijkheid controleren: $R_{\text{tot};\text{upper}} / R_{\text{tot};\text{lower}} = 1,031$ (maximaal toegestaan: 1,5)

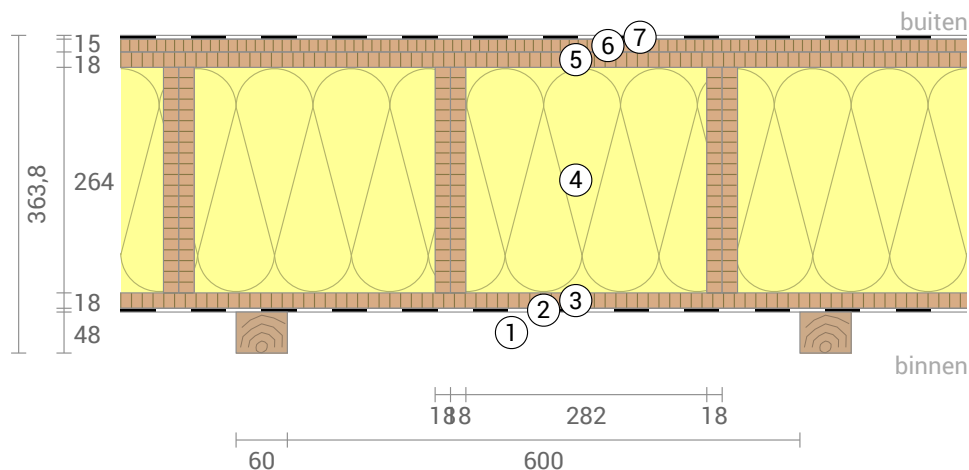
De procedure kan worden gebruikt.

Warmteweerstand $R_{\text{tot}} = (R_{\text{tot};\text{upper}} + R_{\text{tot};\text{lower}})/2 = 7,051 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Schatting van de maximale relatieve fout volgens 6.7.2.5: 1,5%

Warmtedoorgangscoefficiënt $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Het gedeelte bevat verschillende inhomogene lagen van verschillende totale breedte. Voor alle berekeningen werd ervan uitgegaan dat de laagopstelling om de 66 cm in de breedte wordt herhaald. Ten minste voor laag 4 met een totale breedte van 31,8 cm is dit echter niet waar en kan dit een verhoogde onnauwkeurigheid van de U-waarde veroorzaken.



Milieubalans

Warmteverlies: $10 \text{ kWh}/\text{m}^2$ per verwarmingsperiode



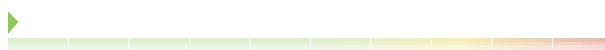
Hoeveelheid warmte die tijdens de verwarmingsperiode door een vierkante meter van dit onderdeel ontsnapt. Let op: Door interne en zonnewinsten is de warmtebehoefte minder dan het warmteverlies.

Primaire energie (niet-hernieuwbaar): $208 \text{ kWh}/\text{m}^2$



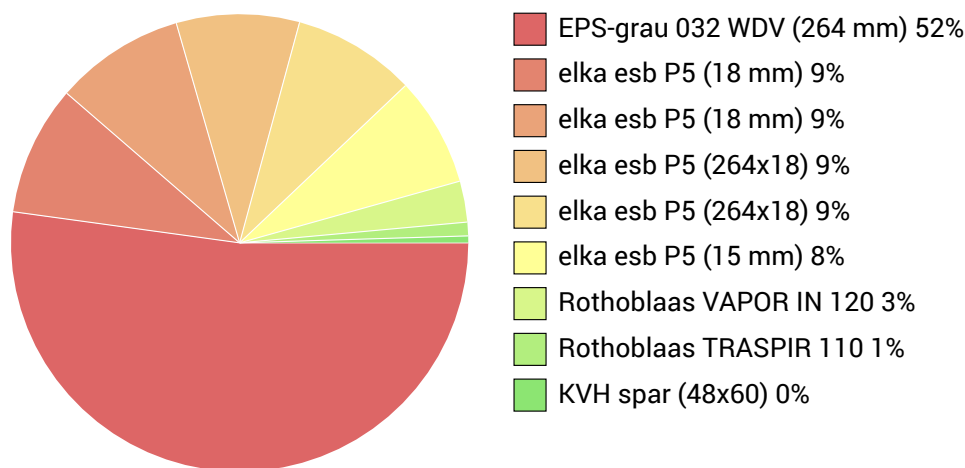
Niet-hernieuwbare primaire energie (=energie uit fossiele brandstoffen en kernenergie) die werd gebruikt om de gebruikte bouwmaterialen te produceren ("cradle to gate").

Opwarmingsvermogen: $-54 \text{ kg CO}_2 \text{ Äqv.}/\text{m}^2$

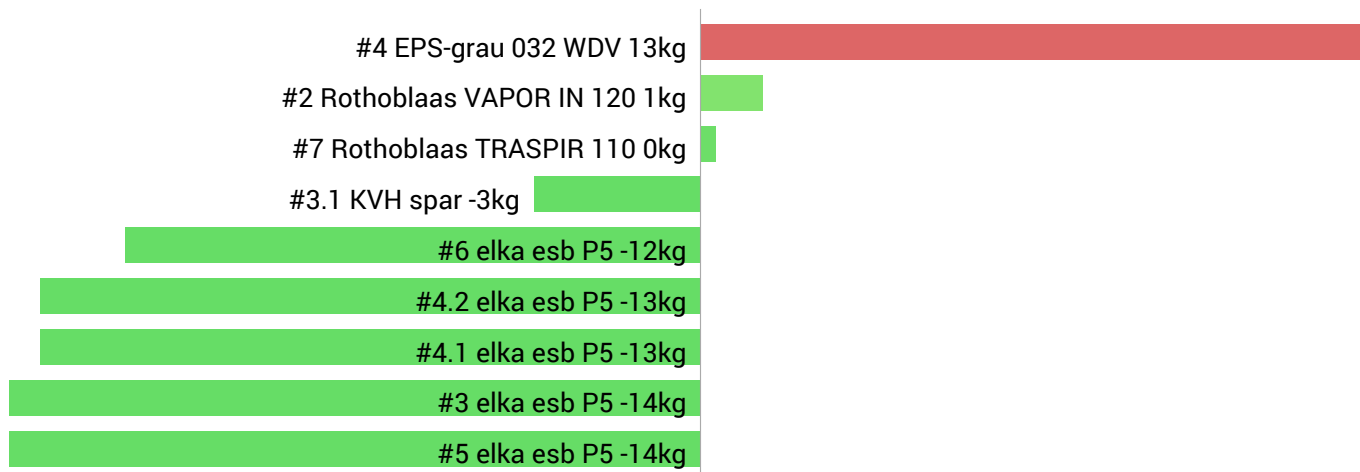


Zeer goed: Voor de productie van de gebruikte bouwmaterialen werden meer broeikasgassen uit de atmosfeer gehaald dan er werden toegevoegd.

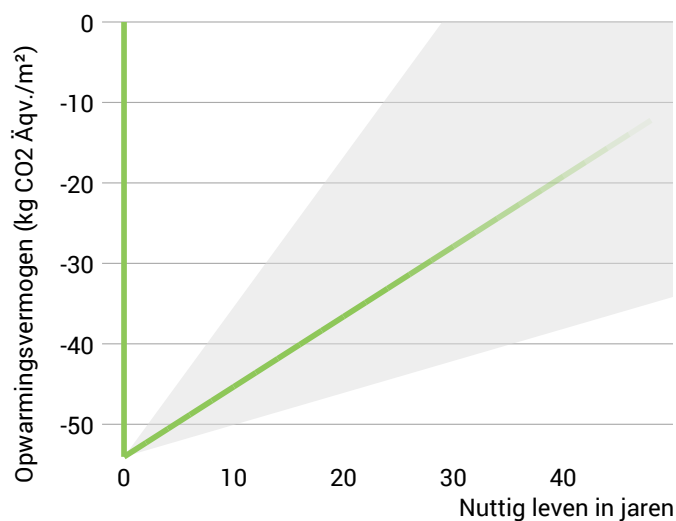
Samenstelling van de niet-hernieuwbare primaire energie-input van de productie:



Samenstelling van het aardopwarmingsvermogen van de productie:



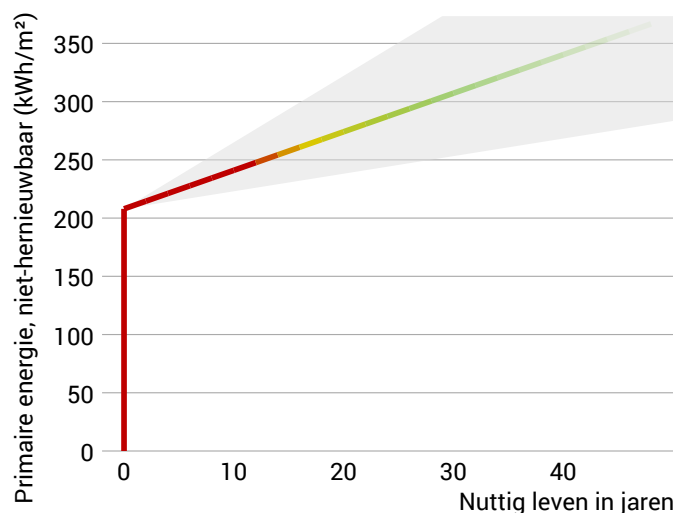
Opwarmingsvermogen van de aarde en primaire energie voor bouw en gebruik



De **figuur links** toont in het verticale deel van de curve het kaspotentieel van de productie van het onderdeel. De broeikasgasemissies die tijdens het gebruik van het gebouw (door de verwarming) worden gegenereerd, worden weergegeven door de curve die diagonaal naar boven loopt.

De **figuur linksonder** toont in het verticale deel van de curve de niet-hernieuwbare primaire energie-input voor de productie van de component. De primaire energie die nodig is tijdens het gebruik van het gebouw (door middel van verwarming) wordt weergegeven door de curve die diagonaal naar boven loopt.

Hoe langer het onderdeel onveranderd wordt gebruikt, hoe milieuvriendelijker het is, omdat de productie-inspanning minder bijdraagt aan de totale uitstoot (aangegeven door de kleur van de curve).



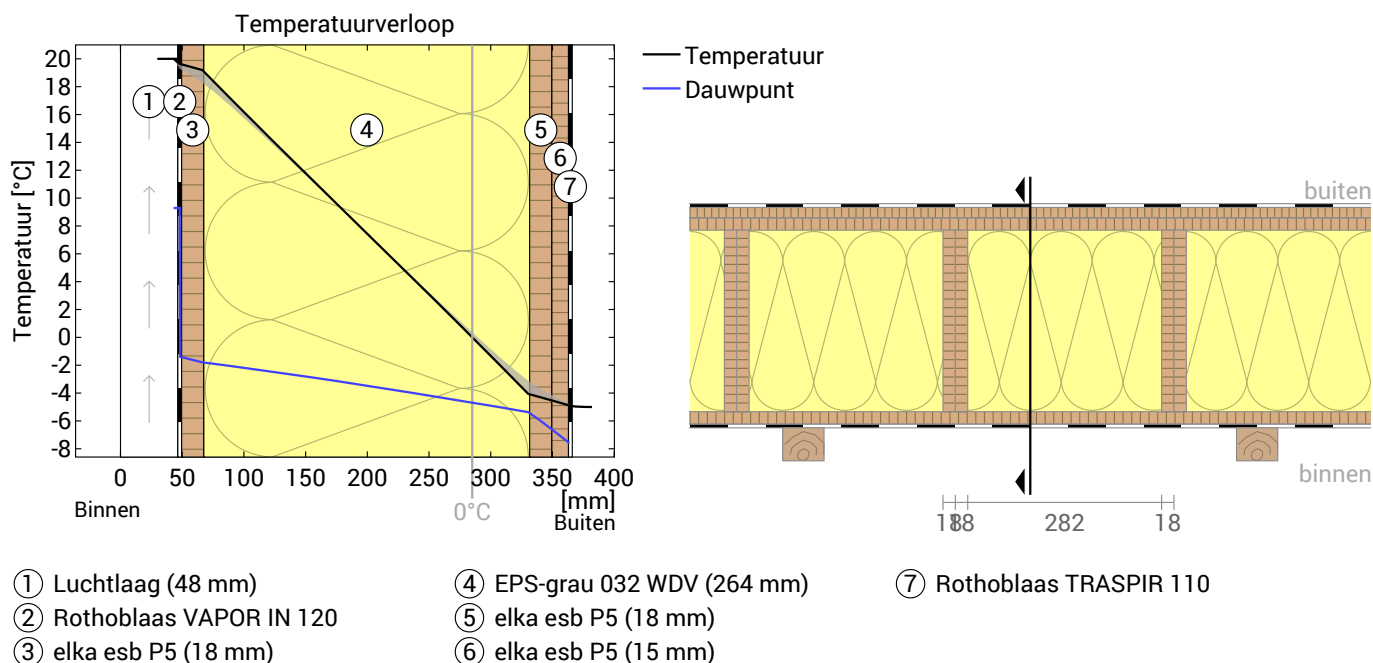
Door onbekende zonne- en inwendige winsten kan de vraag naar verwarming alleen maar worden geschat. De vraag naar primaire energie en het aardopwarmingsvermogen tijdens de gebruiksfase zijn dan ook slechts onnauwkeurig bekend. Voor de schatting werd aangenomen dat zonne-energie en interne winsten bijdragen met 4 kWh/a/m^2 aan het oppervlak van de bouwcomponenten. Het lichtgrijze gebied markeert het gebied waar de curve zich zeker bevindt. Voor de warmteopwekking werd uitgegaan van een primaire energie-input van $0,60 \text{ kWh}$ per kWh warmte en een global warming potential van $0,16 \text{ kg CO}_2 \text{ eqv/m}^2$ per kWh warmte. Warmtebron: Warmtepomp (lucht).

Aanwijzing

Berekend voor de locatie De Bilt, verwarmingsperiode van Midden oktober tot Eind april. De berekening is gebaseerd op maandelijkse gemiddelde temperaturen. Bron: ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE

De klimaat- en energiegegevens waarop deze berekening is gebaseerd, kunnen in sommige gevallen sterke schommelingen vertonen en in individuele gevallen aanzienlijk afwijken van de werkelijke waarde.

Temperatuurverloop



Links: Verloop van temperatuur en dauwpunt op het gemarkeerde punt in de afbeelding rechts. Het dauwpunt is de temperatuur waarbij waterdamp condenseert en condenswater wordt gevormd. Zolang de temperatuur van de constructie op elk punt boven de dauwpunt temperatuur ligt, wordt er geen condenswater geproduceerd. Als de twee curves elkaar raken, wordt er op de raakpunten condenswater geproduceerd.

Rechts: Schaaltekening van de constructie.

Lagen (van binnen naar buiten)

#	Materiaal	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatuur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
1	4,8 cm Luchtlaag (geventileerd)				20,0	0,1
	Warmteovergangswaarde*		0,250	19,3	20,0	
2	0,04 cm Rothoblaas VAPOR IN 120	0,300	0,001	19,3	19,6	0,1
3	1,8 cm elka esb P5	0,120	0,150	18,3	19,6	11,2
	4,8 cm KVH spar (Breedte: 6 cm)	0,130	0,369	-100,0	100,0	2,2
4	26,4 cm EPS-grau 032 WDV	0,032	8,250	-4,1	19,2	4,6
	26,4 cm elka esb P5 (5,7%)	0,120	2,200	-3,3	18,5	10,7
	26,4 cm elka esb P5 (5,7%)	0,120	2,200	-3,1	18,5	10,7
5	1,8 cm elka esb P5	0,120	0,150	-4,5	-3,1	11,2
6	1,5 cm elka esb P5	0,120	0,125	-4,9	-4,1	9,3
7	0,04 cm Rothoblaas TRASPIR 110	0,300	0,001	-4,9	-4,8	0,1
	Warmteovergangswaarde*		0,040	-5,0	-4,8	
	36,38 cm Gehele constructie		6,930			60,1

*Warmteovergangswaarden volgens DIN 4108-3 voor vochtbescherming en temperatuurprofiel. De waarden voor de U-waardeberekening vindt u op de pagina 'U-waardeberekening'.

Oppervlaktetemperatuur binnen (min. / medium / max.)	20,0°C	20,0°C	20,0°C
Oppervlaktetemperatuur buiten (min. / medium / max.)	-4,9°C	-4,9°C	-4,8°C

Vochtbescherming

Voor de berekening van de hoeveelheid condensatiewater werd de component gedurende 90 dagen blootgesteld aan het volgende constante klimaat: binnen: 20°C und 50% Luchtvochtigheid; buiten: -5°C und 80% Luchtvochtigheid. Dit klimaat voldoet aan DIN 4108-3.

Onder de veronderstelde omstandigheden zal zich geen condensatie vormen.

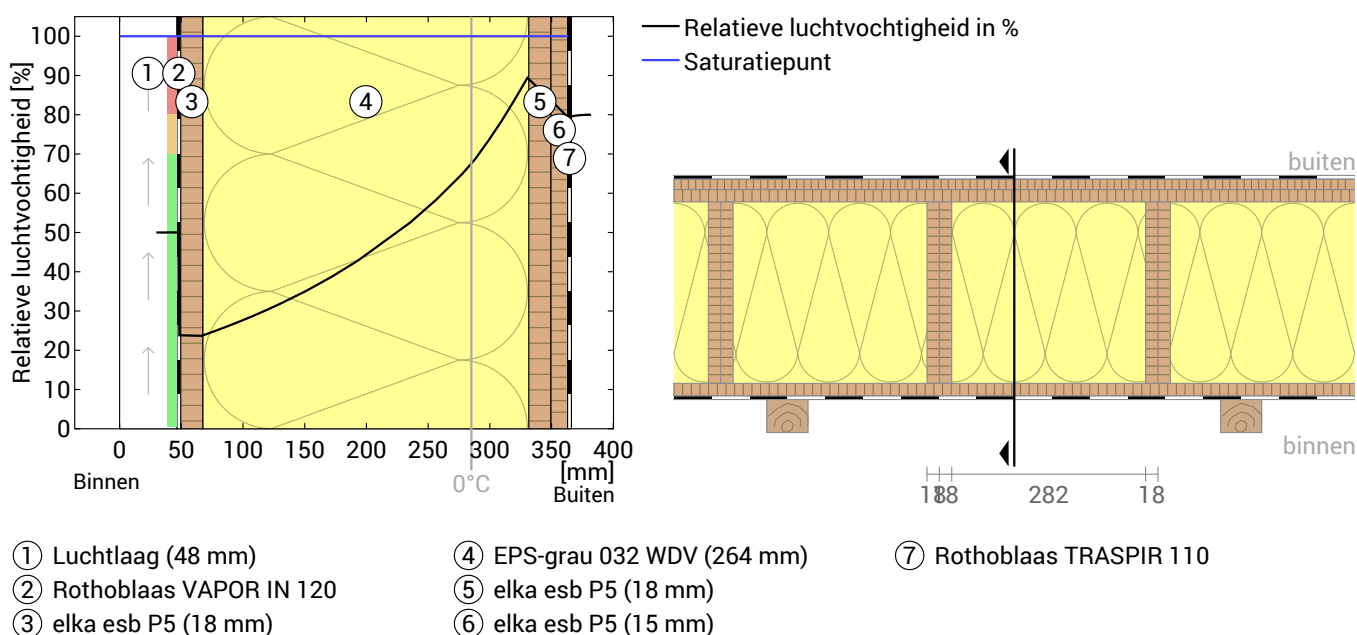
Droogreserve volgens DIN 4108-3:2018: 335 g/(m²a)
Ten minste vereist door DIN 68800-2: 100 g/(m²a)

#	Materiaal	μd-waarde [m]	Condenswater		Gewicht [kg/m ²]
			[kg/m ²]	[Gew.-%]	
2	0,04 cm Rothoblaas VAPOR IN 120	25,00	-	-	0,1
3	1,8 cm elka esb P5	0,72	-	-	11,2
	4,8 cm KXH spar (Breedte: 6 cm)	0,00	-	-	2,2
4	26,4 cm EPS-grau 032 WDV	5,28	-	-	4,6
	26,4 cm elka esb P5 (5,7%)	10,56	-	-	10,7
	26,4 cm elka esb P5 (5,7%)	10,56	-	-	10,7
5	1,8 cm elka esb P5	1,44	-	-	11,2
6	1,5 cm elka esb P5	1,20	-	-	9,3
7	0,04 cm Rothoblaas TRASPIR 110	0,03	-	-	0,1
	36,38 cm Gehele constructie	34,11	0		60,1

Luchtvochtigheid

De oppervlaktetemperatuur aan de kamerzijde is 19,3°C, wat resulteert in een relatieve luchtvochtigheid op het oppervlak van 50%. Onder deze omstandigheden is schimmeligroei niet te verwachten.

Het volgende diagram toont de relatieve luchtvochtigheid binnen de component.



Opmerkingen: Berekening met behulp van de 2D-FE-methode van Ubakus. Convection en de capillariteit van de bouwmaterialen werden niet overwogen. De droogtijd kan langer duren onder ongunstige omstandigheden (schaduw, vochtige / koele zomers) dan hier berekend.

Vochtbestendigheid volgens DIN 4108-3:2018 Aanhangsel A

Dit vochtbeschermingscertificaat is alleen geldig voor **niet-airconditioned** woongebouwen.

Let op de aanwijzingen aan het einde van deze berekeningen voor de bescherming tegen vocht.

#	Materiaal	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	sd [m]	ρ [kg/m ³]	T [°C]	ps [Pa]	Σsd [m]
Warmteovergangswaarde		0,250						
2	0,04 cm Rothoblaas VAPOR IN 120	0,300	0,001	25	300	19,30	2239	0
3	1,8 cm elka esb P5	0,120	0,150	0,72	621	19,30	2238	25
4	26,4 cm EPS-grau 032 WDV	0,032	8,250	5,28	20	18,88	2180	25,7
5	1,8 cm elka esb P5	0,120	0,150	1,44	621	-4,12	433	31
6	1,5 cm elka esb P5	0,120	0,125	1,2	621	-4,54	418	32,4
7	0,04 cm Rothoblaas TRASPIR 110	0,300	0,001	0,1	280	-4,88	405	33,6
Warmteovergangswaarde		0,040				-4,89	405	33,7

Temperatuur (T), stoomverzadigingsdruk (ps) en de som van de sd-waarden ($\Sigma \mu d$) gelden bij de ondergrenzen.

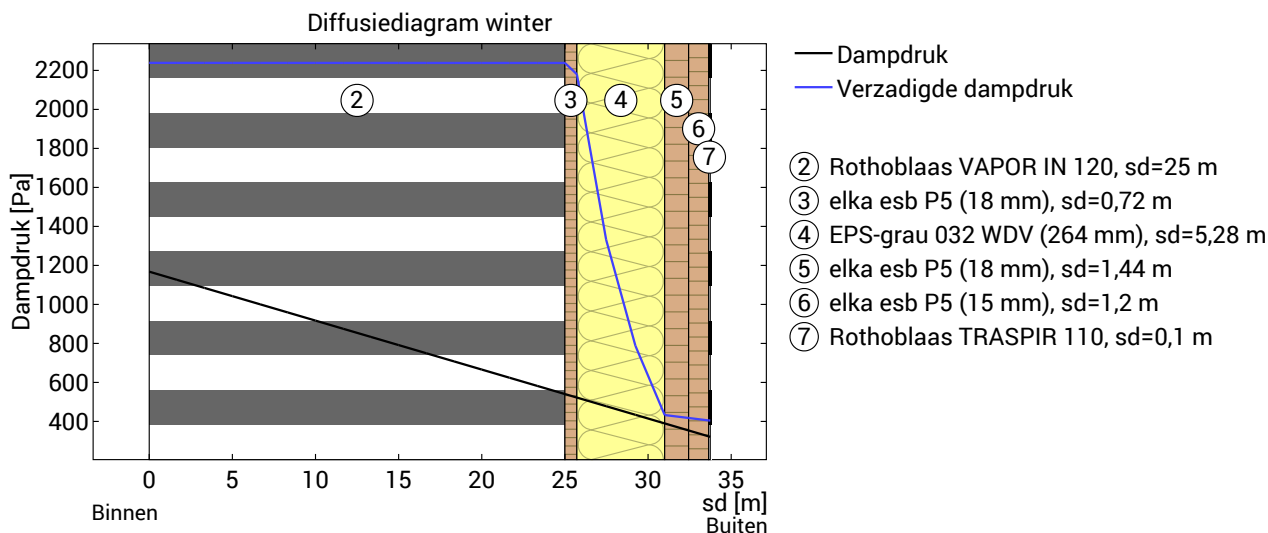
Vochtigheid aan het oppervlak van de component

De relatieve luchtvochtigheid op het componentoppervlak aan de kamerzijde is 52%. Eisen voor het voorkomen van corrosie van bouwmaterialen zijn afhankelijk van materiaal en coating en zijn niet onderzocht.



Dauwperiode (winter)

Grenscondities	
Stoomdruk binnen bij 20°C en 50% luchtvochtigheid	pi = 1168 Pa
Stoomdruk buiten bij -5°C en 80% luchtvochtigheid	pe = 321 Pa
Duur van de dauwperiode (90 dagen)	tc = 7776000 s
Waterdampdiffusiegeleidingscoëfficiënt in statische lucht	$\delta_0 = 2.0E-10 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{sPa})$
μd -waarde (Volledig constructie)	sde = 33,74 m



Onder de veronderstelde omstandigheden is de onderzochte dwarsdoorsnede vrij van condenswater in de constructie.



Bereken het verdampingspotentiaal voor de droogreserve in de dauwperiode voor het vlak met het laagste verdampingspotentiaal:

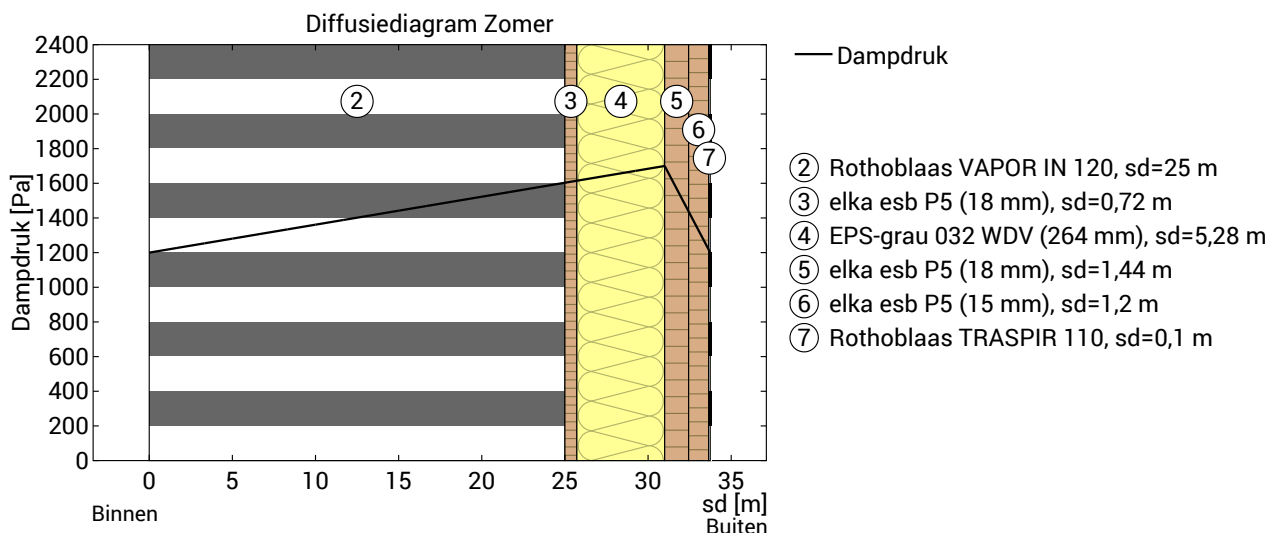
sd=31,00 m; x=28,24 cm; ps=433 pa:

Laagscheiding tussen EPS-grau 032 WDV en elka esb P5

$$Mev, \text{Tauperiode} = tc \cdot \delta_0 \cdot ((ps - pi) / sd_{ev} + (ps - pe) / (sd_e - sd_{ev})) = 0,027 \text{ kg/m}^2$$

Verdampingsperiode (zomer)

Grenscondities	
Dampdruk binnenin	$p_i = 1200 \text{ Pa}$
Dampdruk buiten	$p_e = 1200 \text{ Pa}$
Verzadigingsdampdruk in het condensatiewaterpeil	$p_s = 1700 \text{ Pa}$
Duur van de verdampingsperiode (90 dagen)	$t_{ev} = 7776000 \text{ s}$
μ d-waarden blijven ongewijzigd.	



Condensatievrij component: De maximaal mogelijke verdampingsmassa voor de droogreserve wordt berekend. Overweeg het niveau met het laagste verdampingspotentiaal in de dauwperiode: $s_d=31,00 \text{ m}$; $x=28,24 \text{ cm}$:

Laagscheiding tussen EPS-grau 032 WDV en elka esb P5

Verdampingshoeveelheid: $M_{ev} = \delta_0 \cdot t_{ev} \cdot [(p_s - p_i)/s_d + (p_s - p_e)/(s_{de} - s_d)] = 0,31 \text{ kg/m}^2$

Droogreserve (DIN 68800-2)

Dauw-water-vrije component: Het verdampingsvermogen van de dauwperiode wordt ook in aanmerking genomen.

Droogreserve: $M_r = (M_{ev} + M_{ev, \text{Tauperiode}}) \cdot 1000 = 335 \text{ g/m}^2/\text{a}$

Ten minste vereist voor wanden en plafonds: $100 \text{ g/m}^2/\text{a}$



Evaluatie volgens DIN 4108-3

De constructie is diffusietechnisch toegestaan.

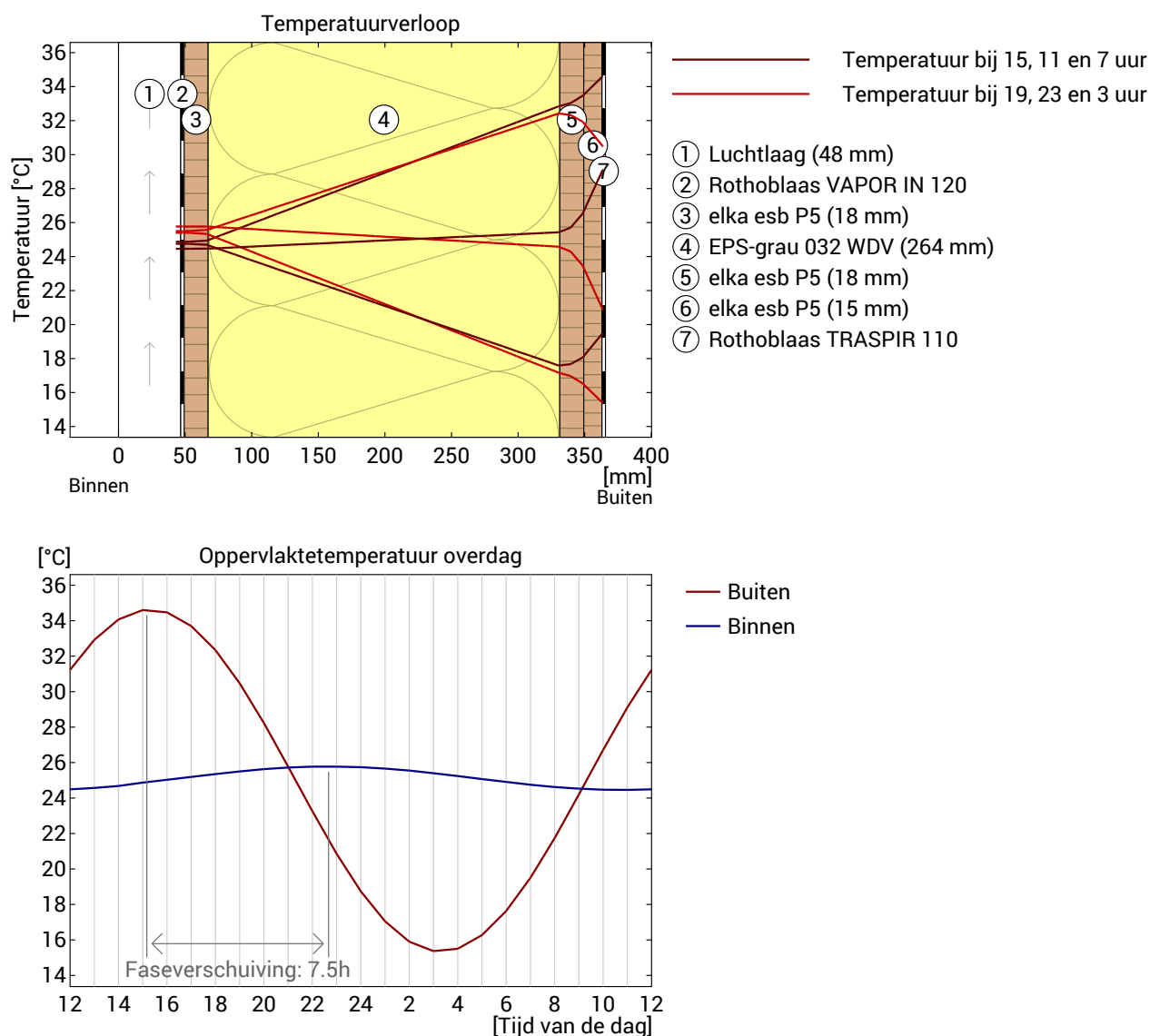
Aanwijzing

Voor inhomogene constructies, zoals skelet-, tap- of kozijnconstructies, maar ook voor houten balken, daksparen of houtskeletconstructies en dergelijke. de ééndimensionale diffusieberekeningen hoeven alleen voor het toepassingsgebied te worden geverifieerd. Uitzonderingen zijn speciale constructies, waarbij de diffusie-remmende laag ook in secties over het buitenoppervlak wordt gelegd. In deze uitzonderlijke gevallen is de hier uitgevoerde berekening ongeldig.

DIN 4108-3 beschrijft in paragraaf 5.3 componenten, waarvoor geen berekend bewijs van condensvorming vereist is, omdat er geen gevaar voor condensatie bestaat of omdat de procedure niet geschikt is voor beoordeling. Aan de hand van de beschikbare informatie kan niet worden beoordeeld of het onderzochte constructie is opgenomen.

Hittebescherming

De volgende resultaten zijn eigenschappen van de geteste component alleen en doen geen uitspraak over de hittebescherming van de hele kamer:



Bovenste figuur: Temperatuurprofiel binnen het component op verschillende tijdstippen. Bruine lijnen van boven naar beneden, bruine lijnen: om 15,11 en 7 uur en rode lijnen om 19,23 en 3 uur's ochtends.

Onderste figuur: Temperatuur aan de buitenkant (rood) en binnenzijde (blauw) oppervlak gedurende een dag. De zwarte pijlen geven de positie van de maximale temperatuurwaarden aan. De maximale binnentemperatuur dient zo mogelijk in de tweede helft van de nacht te worden bereikt.

Faseverschuiving*	7,5 h	Thermische opslagcapaciteit (complete constructie):	100 kJ/m ² K
Amplitude demping**	14,7	Warmteopslagcapaciteit van de binnenlagen:	43 kJ/m ² K
TAV***	0,068		

* De faseverschuiving geeft de tijd aan in uren waarna de maximale middagwarmte de binnenzijde van het constructie bereikt.

** Amplitude demping beschrijft de demping van de temperatuurgolf tijdens het passeren van de component. Een waarde van 10 betekent dat de temperatuur aan de buitenkant 10 keer zo hoog is als aan de binnenkant, bijv. 15-35°C buiten, binnen 24-26°C.

***De temperatuuramplitude ratio TAV is de onderlinge verhouding van de demping: $TAV = 1/\text{Amplitude demping}$

Aanwijzing: De hittebescherming van een ruimte wordt beïnvloed door verschillende factoren, maar hoofdzakelijk door de directe zonnestraling door ramen en de totale hoeveelheid opslagmassa (inclusief vloer, binnenmuren en fittingen / meubels). Een enkele component heeft meestal slechts een zeer kleine invloed op de hittebescherming van de kamer.

Bovenstaande berekeningen werden gemaakt voor een 1-dimensionale dwarsdoorsnede van de component.

Thermische isolatie

$U = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

GEG 2020/24 Bestand*: $U < 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



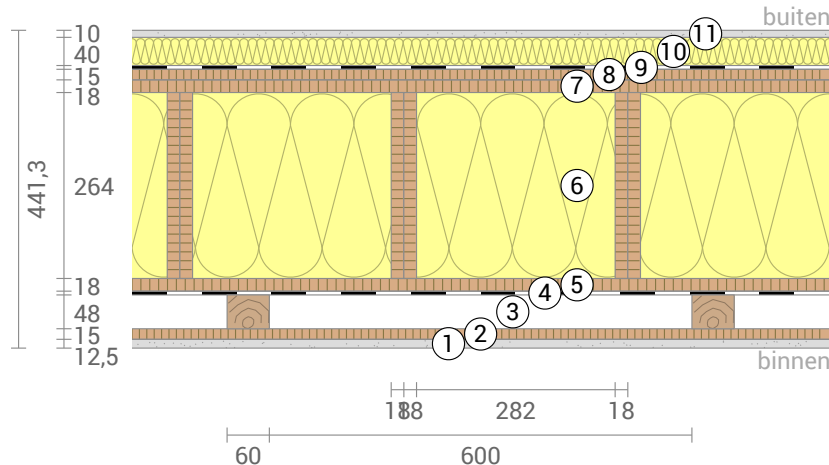
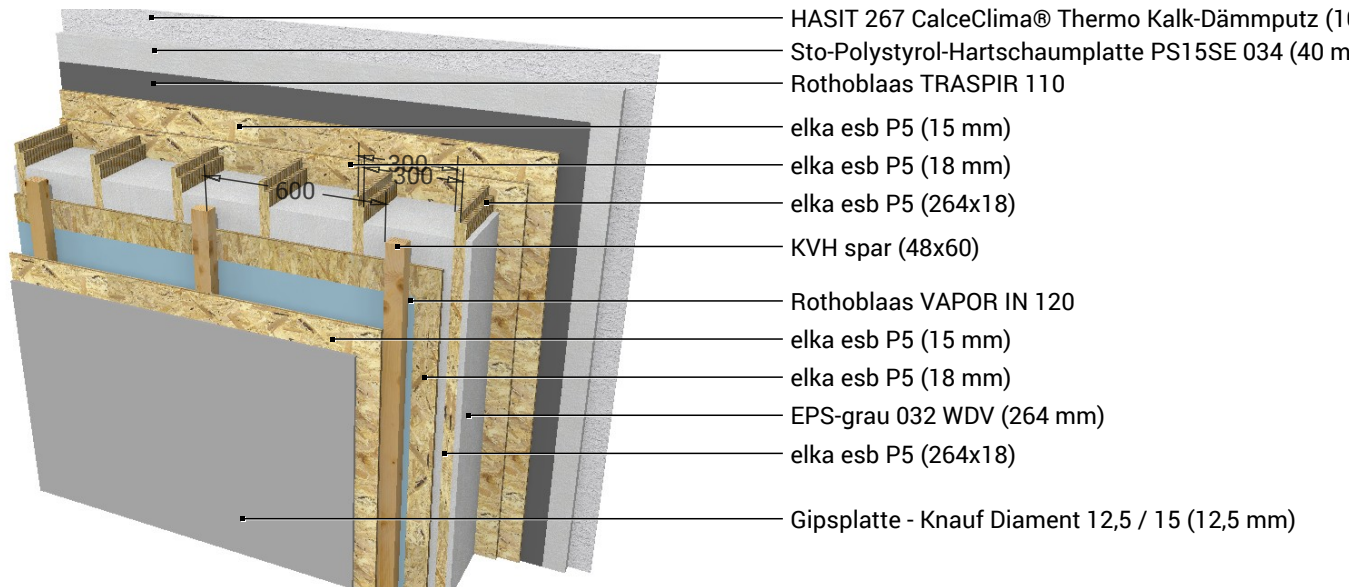
Vochtbescherming

Droogreserve: 231 g/m²a
Geen condensatiewater



Hittebescherming

Temperatuur amplitude demping: >100
Faseverschuiving: niet relevant
Warmtecapaciteit binnen: 82 kJ/m²K



- | | |
|--|--|
| ① Gipsplatte - Knauf Diamant 12,5 / 15 (12,5 mm) | ⑦ elka esb P5 (18 mm) |
| ② elka esb P5 (15 mm) | ⑧ elka esb P5 (15 mm) |
| ③ elektrospouw (48 mm) | ⑨ Rothoblaas TRASPIR 110 |
| ④ Rothoblaas VAPOR IN 120 | ⑩ Sto-Polystyrol-Hartschaumplatte PS15SE 034 (40 mm) |
| ⑤ elka esb P5 (18 mm) | ⑪ HASIT 267 CalceClima® Thermo Kalk-Dämmputz (10 mm) |
| ⑥ EPS-grau 032 WDV (264 mm) | |

Kamerlucht: 20,0°C / 50%
 Omgevingslucht: -5,0°C / 80%
 Oppervlaktetemperatuur.: 19,2°C / -4,9°C

µd-waarde: 37,0 m
 Droogreserve: 231 g/m²a

Dikte: 44,1 cm
 Gewicht: 86 kg/m²
 Warmtecapaciteit: 138 kJ/m²K

☒ GEG 2020/24 Bestand

☒ BEG Einzelmaßn.

☒ GEG 2023/24 Neubau

☒ DIN 4108

U-waardeberekening volgens DIN EN ISO 6946

#	Materiaal	Dicke [cm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
	Warmteovergangsweerstand binnen (Rsi)			0,130
1	Gipsplatte - Knauf Diamant 12,5 / 15	1,25	0,300	0,042
2	elka esb P5	1,50	0,120	0,125
3	elektrospouw	4,80	0,267	0,180
4	Rothoblaas VAPOR IN 120	0,04	0,300	0,001
5	elka esb P5	1,80	0,120	0,150
	KVH spar (Breedte: 6 cm)	4,80	0,130	0,369
6	EPS-grau 032 WDV	26,40	0,032	8,250
	elka esb P5 (5,7%)	26,40	0,120	2,200
	elka esb P5 (5,7%)	26,40	0,120	2,200
7	elka esb P5	1,80	0,120	0,150
8	elka esb P5	1,50	0,120	0,125
9	Rothoblaas TRASPIR 110	0,04	0,300	0,001
10	Sto-Polystyrol-Hartschaumplatte PS15SE 034	4,00	0,034	1,176
11	HASIT 267(vorher 840) CalceClima® Thermo Kalk-Dämmputz	1,00	0,067	0,149
	Warmteovergangsweerstand buiten (Rse)			0,040

De warmteovergangsweerstanden werden volgens DIN 6946 Tabel 7 geselecteerd.

Rsi: Richting van de warmtestroom horizontaal

Rse: Richting van de warmtestroom horizontaal, buiten: Directe overgang naar buitenlucht

De warmteoverdrachtsweerstand van stationaire luchtlagen werden als volgt berekend:

Laag 3: Dikte 4.8 cm, Breedte 60 cm, DIN EN ISO 6946 Tabel 8, Richting van de warmtestroom horizontaal

Bovenste grenswaarde van de warmteweerstand $R_{\text{tot;upper}} = 9,179 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

Onderste grenswaarde van de warmteweerstand $R_{\text{tot;lower}} = 8,625 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

Toepasselijkheid controleren: $R_{\text{tot;upper}} / R_{\text{tot;lower}} = 1,064$ (maximaal toegestaan: 1,5)

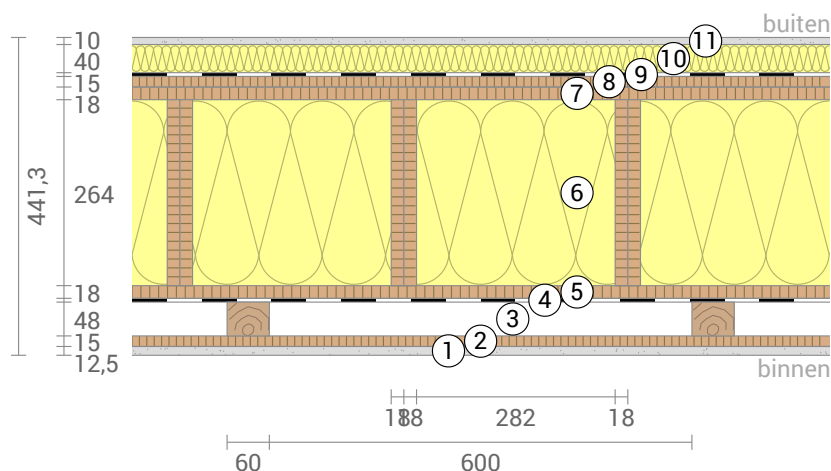
De procedure kan worden gebruikt.

Warmteweerstand $R_{\text{tot}} = (R_{\text{tot;upper}} + R_{\text{tot;lower}})/2 = 8,902 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Schatting van de maximale relatieve fout volgens 6.7.2.5: 3,1%

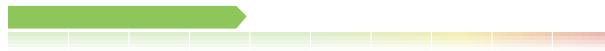
Warmtedoorgangscoefficiënt $U = 1/R_{\text{tot}} = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Het gedeelte bevat verschillende inhomogene lagen van verschillende totale breedte. Voor alle berekeningen werd ervan uitgegaan dat de laagopstelling om de 66 cm in de breedte wordt herhaald. Ten minste voor laag 6 met een totale breedte van 31,8 cm is dit echter niet waar en kan dit een verhoogde onnauwkeurigheid van de U-waarde veroorzaken.



Milieubalans

Warmteverlies: $8 \text{ kWh}/\text{m}^2$ per verwarmingsperiode



Hoeveelheid warmte die tijdens de verwarmingsperiode door een vierkante meter van dit onderdeel ontsnapt. Let op: Door interne en zonnewinsten is de warmtebehoefte minder dan het warmteverlies.

Primaire energie (niet-hernieuwbaar): $>245 \text{ kWh}/\text{m}^2$



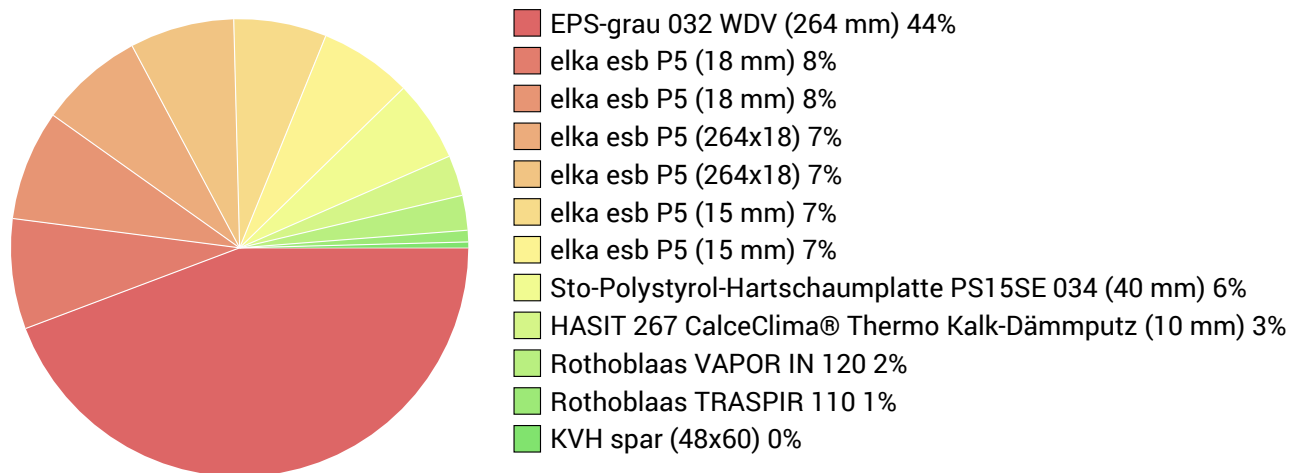
Niet-hernieuwbare primaire energie (=energie uit fossiele brandstoffen en kernenergie) die werd gebruikt om de gebruikte bouwmaterialen te produceren ("cradle to gate").

Opwarmingsvermogen: $-61 (?) \text{ kg CO}_2 \text{ Äqv.}/\text{m}^2$

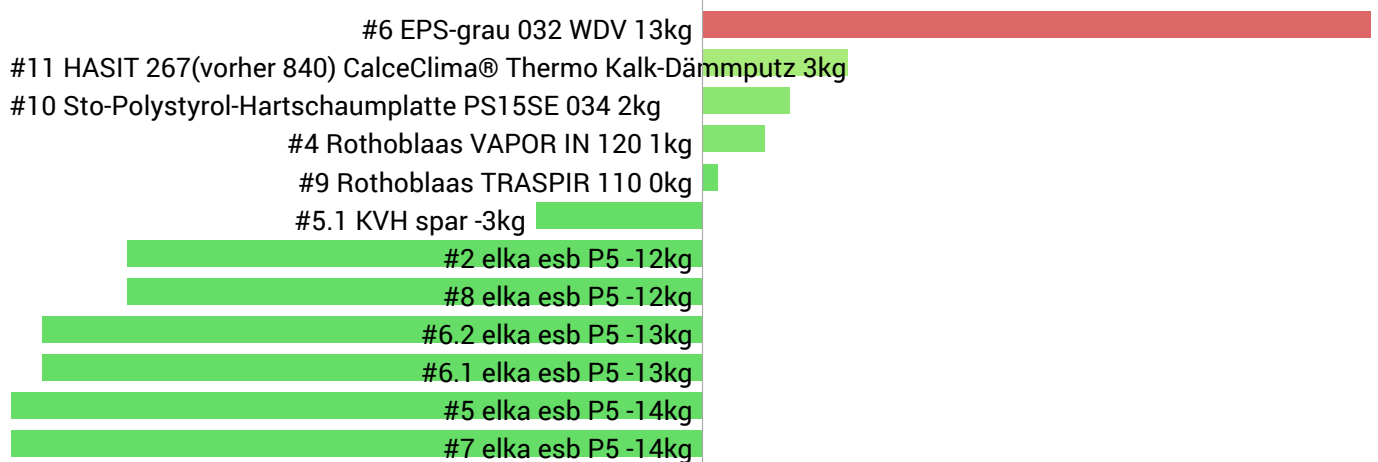


Zeer goed: Voor de productie van de gebruikte bouwmaterialen werden meer broeikasgassen uit de atmosfeer gehaald dan er werden toegevoegd.

Samenstelling van de niet-hernieuwbare primaire energie-input van de productie:

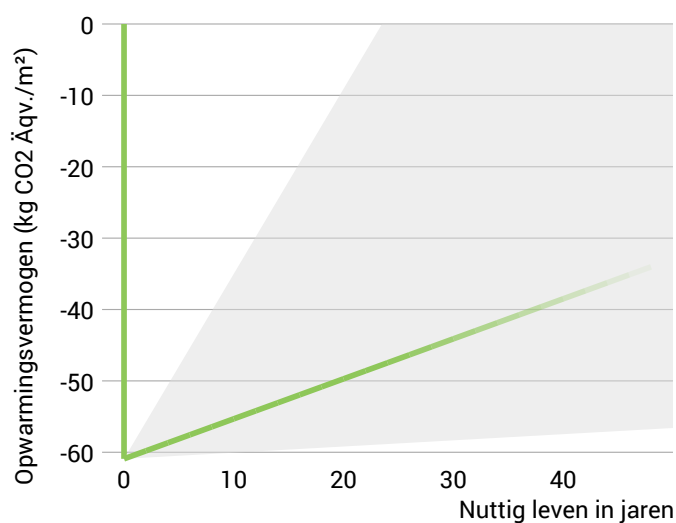


Samenstelling van het aardopwarmingsvermogen van de productie:



Opmerking: Ten minste één laag kon niet in aanmerking worden genomen omdat de primaire energie-inhoud en/of het aardopwarmingsvermogen ervan onbekend is.

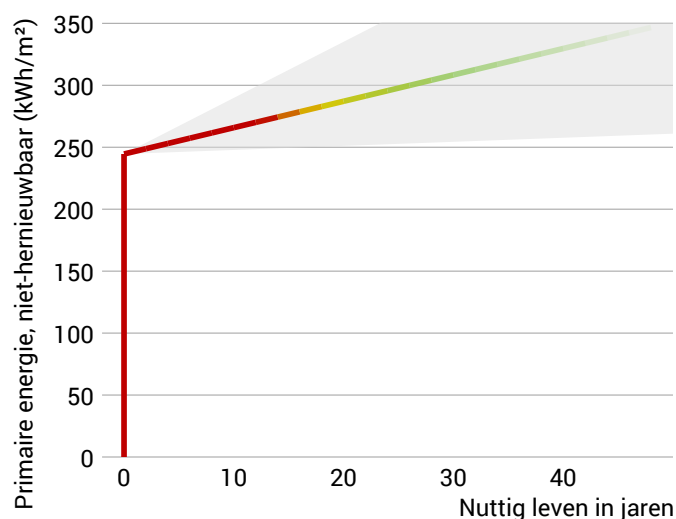
Opwarmingsvermogen van de aarde en primaire energie voor bouw en gebruik



De **figuur links** toont in het verticale deel van de curve het kaspotentieel van de productie van het onderdeel. De broeikasgasemissies die tijdens het gebruik van het gebouw (door de verwarming) worden gegenereerd, worden weergegeven door de curve die diagonaal naar boven loopt.

De **figuur linksonder** toont in het verticale deel van de curve de niet-hernieuwbare primaire energie-input voor de productie van de component. De primaire energie die nodig is tijdens het gebruik van het gebouw (door middel van verwarming) wordt weergegeven door de curve die diagonaal naar boven loopt.

Hoe langer het onderdeel onveranderd wordt gebruikt, hoe milieuvriendelijker het is, omdat de productie-inspanning minder bijdraagt aan de totale uitstoot (aangegeven door de kleur van de curve).



Door onbekende zonne- en inwendige winsten kan de vraag naar verwarming alleen maar worden geschat. De vraag naar primaire energie en het aardopwarmingsvermogen tijdens de gebruiksfase zijn dan ook slechts onnauwkeurig bekend. Voor de schatting werd aangenomen dat zonne-energie en interne winsten bijdragen met 4 kWh/a/m^2 aan het oppervlak van de bouwcomponenten. Het lichtgrijze gebied markeert het gebied waar de curve zich zeker bevindt. Voor de warmteopwekking werd uitgegaan van een primaire energie-input van $0,60 \text{ kWh}$ per kWh warmte en een global warming potential van $0,16 \text{ kg CO}_2 \text{ eqv/m}^2$ per kWh warmte. Warmtebron: Warmtepomp (lucht).

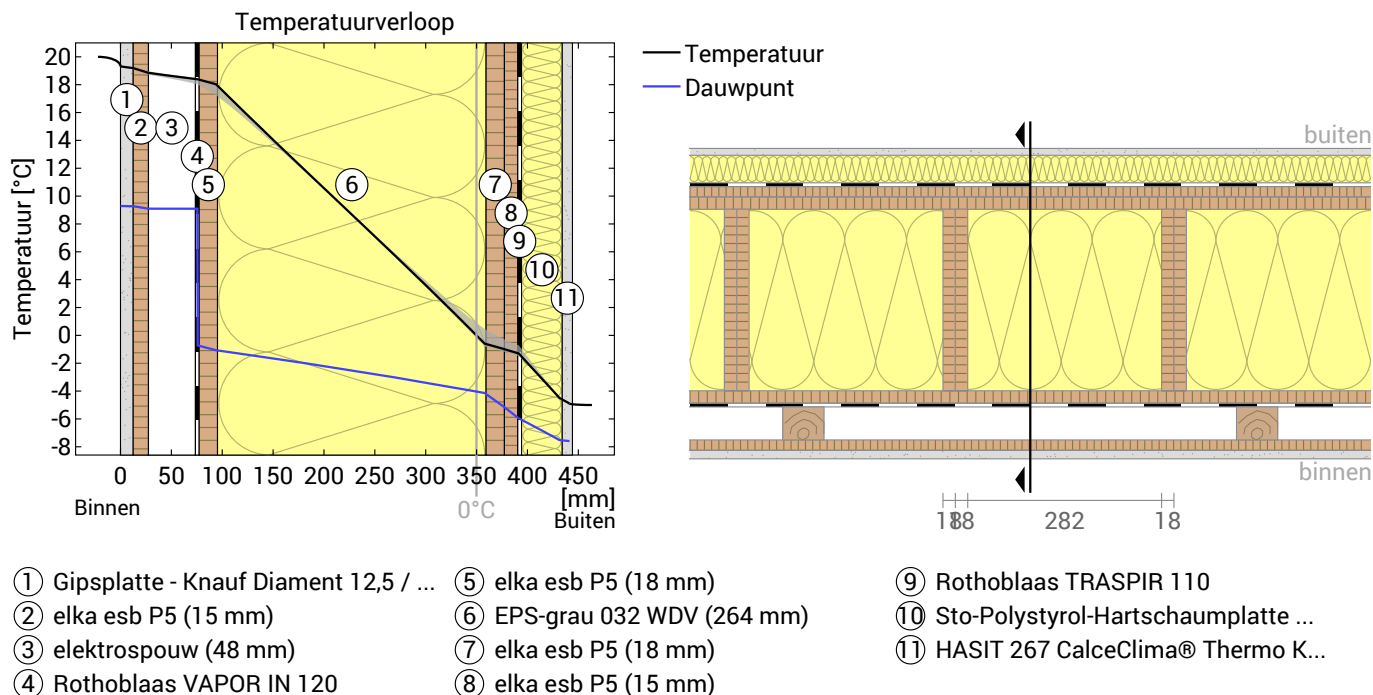
Aanwijzing

Opmerking: Ten minste één laag kon niet in aanmerking worden genomen omdat de primaire energie-inhoud en/of het aardopwarmingsvermogen ervan onbekend is.

Berekend voor de locatie De Bilt, verwarmingsperiode van Midden oktober tot Eind april. De berekening is gebaseerd op maandelijkse gemiddelde temperaturen. Bron: ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE

De klimaat- en energiegegevens waarop deze berekening is gebaseerd, kunnen in sommige gevallen sterke schommelingen vertonen en in individuele gevallen aanzienlijk afwijken van de werkelijke waarde.

Temperatuurverloop



Links: Verloop van temperatuur en dauwpunt op het gemarkeerde punt in de afbeelding rechts. Het dauwpunt is de temperatuur waarbij waterdamp condenseert en condenswater wordt gevormd. Zolang de temperatuur van de constructie op elk punt boven de dauwpunt temperatuur ligt, wordt er geen condenswater geproduceerd. Als de twee curves elkaar raken, wordt er op de raakpunten condenswater geproduceerd.

Rechts: Schaaltekening van de constructie.

Lagen (van binnen naar buiten)

#	Materiaal	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatuur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
	Warmteovergangsweerstand*		0,250	19,2	20,0	
1	1,25 cm Gipsplatte - Knauf Diamant 12,5 / 15	0,300	0,042	19,1	19,4	12,5
2	1,5 cm elka esb P5	0,120	0,125	18,7	19,3	9,3
3	4,8 cm elektrospouw	0,267	0,180	18,0	18,9	0,1
4	0,04 cm Rothoblaas VAPOR IN 120	0,300	0,001	18,0	18,5	0,1
5	1,8 cm elka esb P5	0,120	0,150	17,3	18,5	11,2
	4,8 cm KVVH spar (Breedte: 6 cm)	0,130	0,369	18,2	19,0	2,2
6	26,4 cm EPS-grau 032 WDV	0,032	8,250	-0,8	18,1	4,6
	26,4 cm elka esb P5 (5,7%)	0,120	2,200	0,3	17,4	10,7
	26,4 cm elka esb P5 (5,7%)	0,120	2,200	0,4	17,4	10,7
7	1,8 cm elka esb P5	0,120	0,150	-1,2	0,5	11,2
8	1,5 cm elka esb P5	0,120	0,125	-1,5	-0,2	9,3
9	0,04 cm Rothoblaas TRASPIR 110	0,300	0,001	-1,5	-0,7	0,1
10	4 cm Sto-Polystyrol-Hartschaumplatte PS15SE 034	0,034	1,176	-4,5	-0,7	0,6
11	1 cm HASIT 267(vorher 840) CalceClima® Thermo Kalk-Dämmputz	0,067	0,149	-4,9	-4,4	3,0
	Warmteovergangsweerstand*		0,040	-5,0	-4,9	
	44,13 cm Gehele constructie		8,738			85,5

*Warmteovergangsweerstanden volgens DIN 4108-3 voor vochtbescherming en temperatuurprofiel. De waarden voor de U-waardeberekening vindt u op de pagina 'U-waardeberekening'.

Oppervlaktetemperatuur binnen (min. / medium / max.)	19,2°C	19,3°C	19,4°C
Oppervlaktetemperatuur buiten (min. / medium / max.)	-4,9°C	-4,9°C	-4,9°C

Vochtbescherming

Voor de berekening van de hoeveelheid condensatiewater werd de component gedurende 90 dagen blootgesteld aan het volgende constante klimaat: binnen: 20°C und 50% Luchtvochtigheid; buiten: -5°C und 80% Luchtvochtigheid. Dit klimaat voldoet aan DIN 4108-3.

Onder de veronderstelde omstandigheden zal zich geen condensatie vormen.

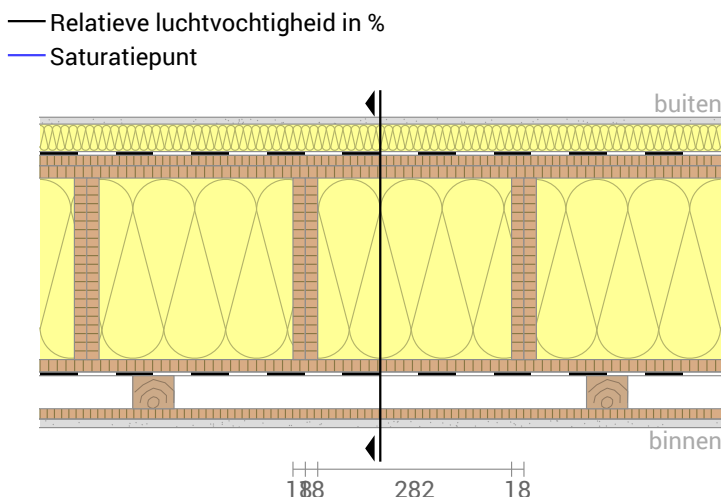
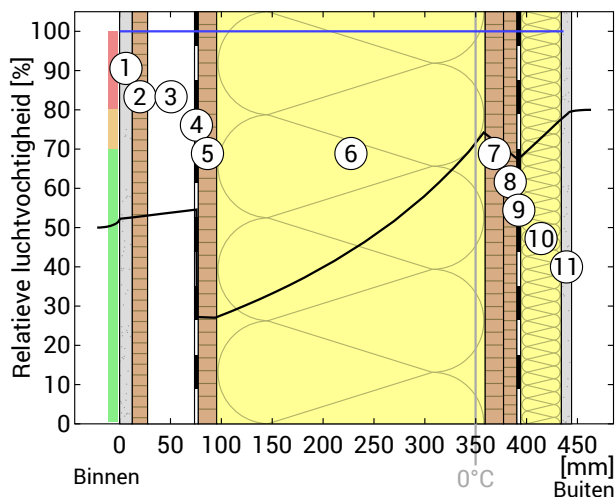
Droogreserve volgens DIN 4108-3:2018: 231 g/(m²a)
Ten minste vereist door DIN 68800-2: 100 g/(m²a)

#	Materiaal	µd-waarde [m]	Condenswater [kg/m ²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	1,25 cm Gipsplatte - Knauf Diamant 12,5 / 15	0,05	-	12,5
2	1,5 cm elka esb P5	0,60	-	9,3
3	4,8 cm elektrospouw	0,01	-	0,1
4	0,04 cm Rothoblaas VAPOR IN 120	25,00	-	0,1
5	1,8 cm elka esb P5	0,72	-	11,2
	4,8 cm KVVH spar (Breedte: 6 cm)	1,92	-	2,2
6	26,4 cm EPS-grau 032 WDV	5,28	-	4,6
	26,4 cm elka esb P5 (5,7%)	10,56	-	10,7
	26,4 cm elka esb P5 (5,7%)	10,56	-	10,7
7	1,8 cm elka esb P5	1,44	-	11,2
8	1,5 cm elka esb P5	1,20	-	9,3
9	0,04 cm Rothoblaas TRASPIR 110	0,03	-	0,1
10	4 cm Sto-Polystyrol-Hartschaumplatte PS15SE 034	2,00	-	0,6
11	1 cm HASIT 267(vorher 840) CalceClima® Thermo Kalk-Dämmputz	0,10	-	3,0
	44,13 cm Gehele constructie	36,98	0	85,5

Luchtvochtigheid

De oppervlaktetemperatuur aan de kamerzijde is 19,2°C, wat resulteert in een relatieve luchtvochtigheid op het oppervlak van 53%. Onder deze omstandigheden is schimmelgroei niet te verwachten.

Het volgende diagram toont de relatieve luchtvochtigheid binnen de component.



- | | | |
|---|-----------------------------|---------------------------------------|
| ① Gipsplatte - Knauf Diamant 12,5 / ... | ⑤ elka esb P5 (18 mm) | ⑨ Rothoblaas TRASPIR 110 |
| ② elka esb P5 (15 mm) | ⑥ EPS-grau 032 WDV (264 mm) | ⑩ Sto-Polystyrol-Hartschaumplatte ... |
| ③ elektrospouw (48 mm) | ⑦ elka esb P5 (18 mm) | ⑪ HASIT 267 CalceClima® Thermo K... |
| ④ Rothoblaas VAPOR IN 120 | ⑧ elka esb P5 (15 mm) | |

Opmerkingen: Berekening met behulp van de 2D-FE-methode van Ubakus. Convectie en de capillariteit van de bouwmaterialen werden niet overwogen. De droogtijd kan langer duren onder ongunstige omstandigheden (schaduw, vochtige / koele zomers) dan hier berekend.

Vochtbestendigheid volgens DIN 4108-3:2018 Aanhangsel A

Dit vochtbeschermingscertificaat is alleen geldig voor **niet-airconditioned** woongebouwen.

Let op de aanwijzingen aan het einde van deze berekeningen voor de bescherming tegen vocht.

#	Materiaal	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	sd [m]	ρ [kg/m ³]	T [°C]	ps [Pa]	Σsd [m]
Warmteovergangswaarde		0,250						
1	1,25 cm Gipsplatte - Knauf Diamant 12,5 / 15	0,300	0,042	0,05	1000	19,41	2254	0
2	1,5 cm elka esb P5	0,120	0,125	0,6	621	19,31	2240	0,05
3	4,8 cm elektrospouw	0,267	0,180	0,01	1	19,02	2199	0,65
4	0,04 cm Rothoblaas VAPOR IN 120	0,300	0,001	25	300	18,60	2143	0,66
5	1,8 cm elka esb P5	0,120	0,150	0,72	621	18,59	2142	25,7
6	26,4 cm EPS-grau 032 WDV	0,032	8,250	5,28	20	18,24	2095	26,4
7	1,8 cm elka esb P5	0,120	0,150	1,44	621	-1,14	556	31,7
8	1,5 cm elka esb P5	0,120	0,125	1,2	621	-1,49	540	33,1
9	0,04 cm Rothoblaas TRASPIR 110	0,300	0,001	0,1	280	-1,79	527	34,3
10	4 cm Sto-Polystyrol-Hartschaumplatte PS15SE 034	0,034	1,176	2	15	-1,79	526	34,4
11	1 cm HASIT 267(vorher 840) CalceClima® Thermo Kalk-Dämmputz	0,067	0,149	0,1	300	-4,56	417	36,4
Warmteovergangswaarde		0,040				-4,91	404	36,5

Temperatuur (T), stoomverzadigingsdruk (ps) en de som van de sd-waarden (Σsd) gelden bij de ondergrenzen.

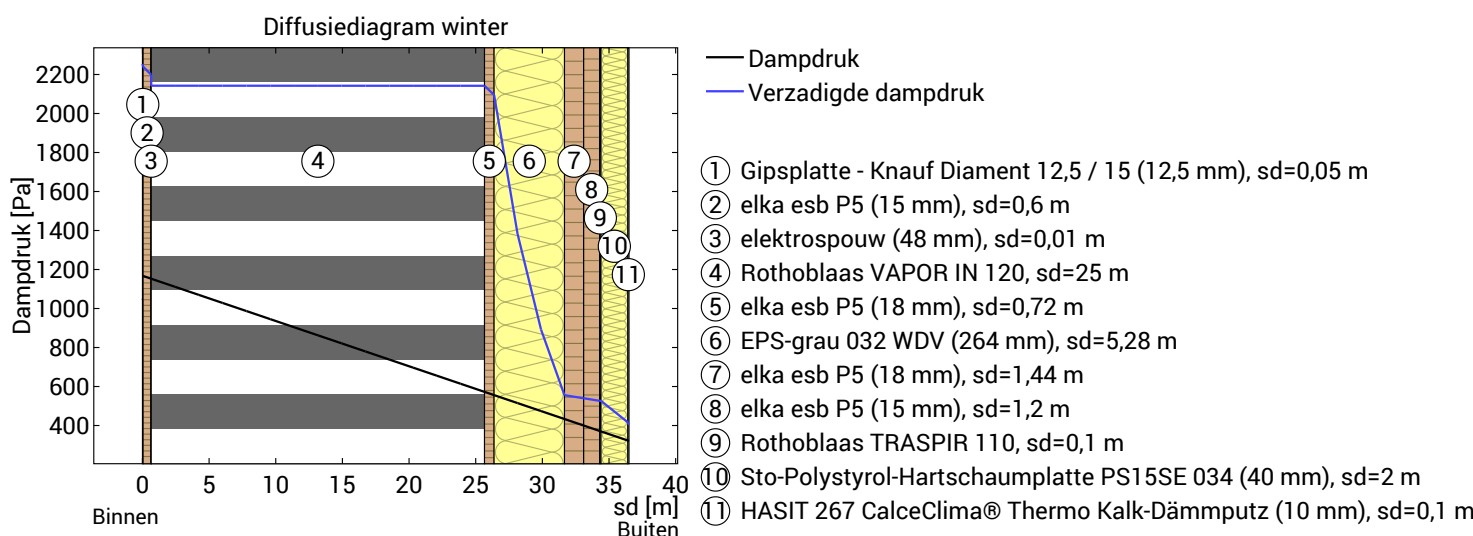
Vochtigheid aan het oppervlak van de component

De relatieve luchtvochtigheid op het componentoppervlak aan de kamerzijde is 52%. Eisen voor het voorkomen van corrosie van bouwmaterialen zijn afhankelijk van materiaal en coating en zijn niet onderzocht.



Dauwperiode (winter)

Grenscondities	
Stoomdruk binnen bij 20°C en 50% luchtvochtigheid	$p_i = 1168 \text{ Pa}$
Stoomdruk buiten bij -5°C en 80% luchtvochtigheid	$p_e = 321 \text{ Pa}$
Duur van de dauwperiode (90 dagen)	$t_c = 7776000 \text{ s}$
Waterdampdiffusiegeleidingscoëfficiënt in statische lucht	$\delta_0 = 2.0E-10 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{s}\cdot\text{Pa})$
μ_d -waarde (Volledig constructie)	$s_{de} = 36,50 \text{ m}$



Onder de veronderstelde omstandigheden is de onderzochte dwarsdoorsnede vrij van condenswater in de constructie.



Bereken het verdampingspotentiaal voor de droogreserve in de dauwperiode voor het vlak met het laagste verdampingspotentiaal:

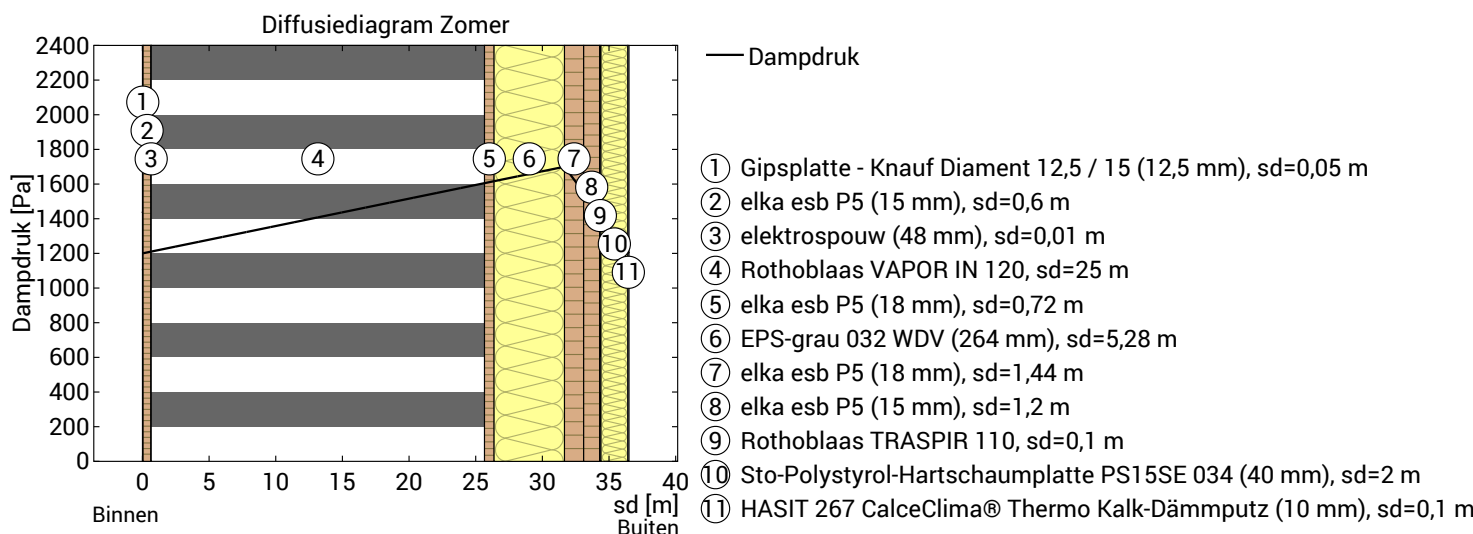
$s_d=31,66 \text{ m}$; $x=35,79 \text{ cm}$; $p_s=556 \text{ Pa}$:

Laagscheiding tussen EPS-grau 032 WDV en elka esb P5

$$\text{Mev, Tauperiode} = t_c \cdot \delta_0 \cdot ((p_s - p_i)/s_{d_{ev}} + (p_s - p_e)/(s_{d_e} - s_{d_{ev}})) = \mathbf{0,045 \text{ kg/m}^2}$$

Verdampingsperiode (zomer)

Grenscondities	
Dampdruk binnenin	$p_i = 1200 \text{ Pa}$
Dampdruk buiten	$p_e = 1200 \text{ Pa}$
Verzadigingsdampdruk in het condensatiewaterpeil	$p_s = 1700 \text{ Pa}$
Duur van de verdampingsperiode (90 dagen)	$t_{ev} = 7776000 \text{ s}$
μ_d -waarden blijven ongewijzigd.	



Condensatievrij component: De maximaal mogelijke verdampingsmassa voor de droogreserve wordt berekend. Overweeg het niveau met het laagste verdampingspotentiaal in de dauwperiode: $s_d=31,66 \text{ m}$; $x=35,79 \text{ cm}$:

Laagscheiding tussen EPS-grau 032 WDV en elka esb P5

$$\text{Verdampingshoeveelheid: Mev} = \delta_0 \cdot t_{ev} \cdot [(p_s - p_i)/s_d + (p_s - p_e)/(s_{d_e} - s_d)] = \mathbf{0,19 \text{ kg/m}^2}$$

Droogreserve (DIN 68800-2)

Dauw-water-vrije component: Het verdampingsvermogen van de dauwperiode wordt ook in aanmerking genomen.

$$\text{Droogreserve: } M_r = (\text{Mev} + \text{Mev, Tauperiode}) \cdot 1000 = \mathbf{231 \text{ g/m}^2/\text{a}}$$

Ten minste vereist voor wanden en plafonds: $100 \text{ g/m}^2/\text{a}$



Evaluatie volgens DIN 4108-3

De constructie is diffusietechnisch toegestaan.

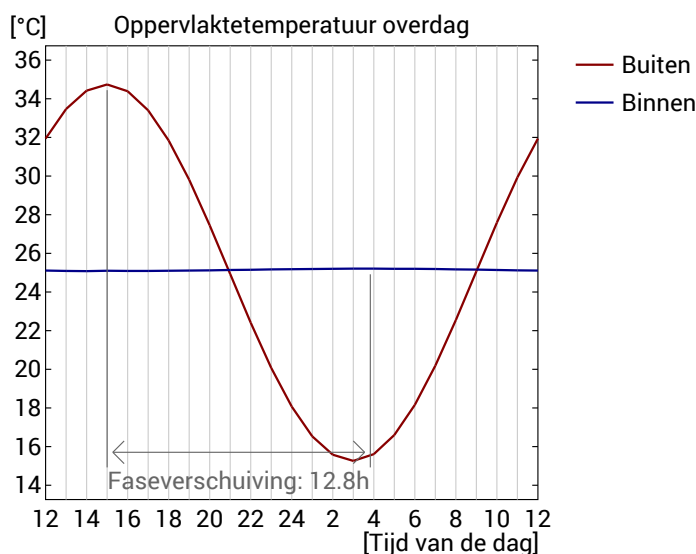
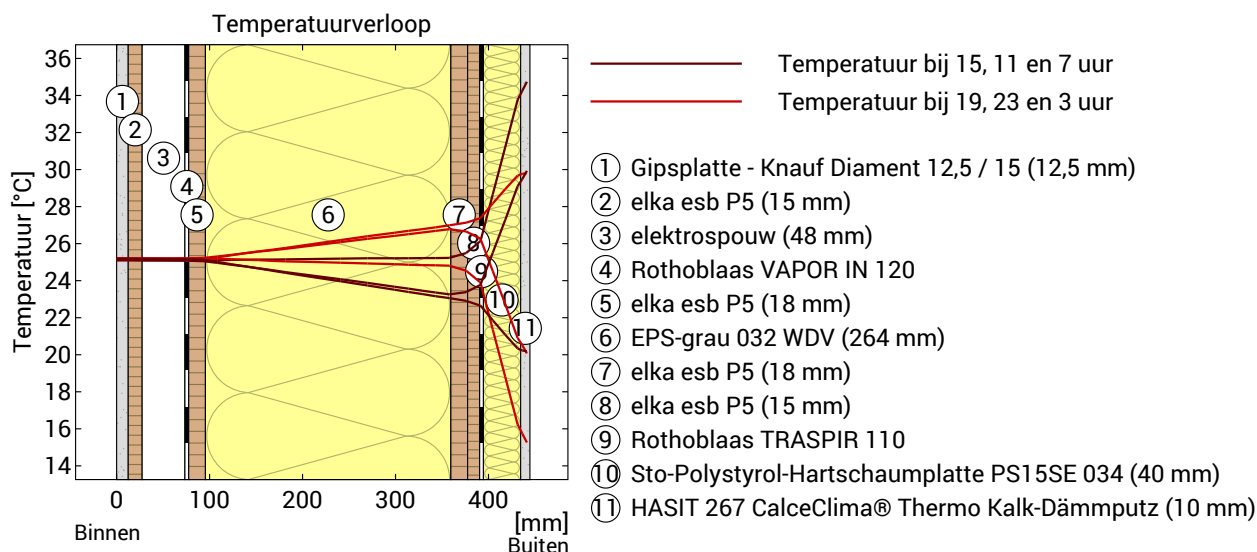
Aanwijzing

Voor inhomogene constructies, zoals skelet-, tap- of kozijnconstructies, maar ook voor houten balken, daksparran of houtskeletconstructies en dergelijke. de ééndimensionale diffusieberekeningen hoeven alleen voor het toepassingsgebied te worden geverifieerd. Uitzonderingen zijn speciale constructies, waarbij de diffusie-remmende laag ook in secties over het buitenoppervlak wordt gelegd. In deze uitzonderlijke gevallen is de hier uitgevoerde berekening ongeldig.

DIN 4108-3 beschrijft in paragraaf 5.3 componenten, waarvoor geen berekend bewijs van condensvorming vereist is, omdat er geen gevaar voor condensatie bestaat of omdat de procedure niet geschikt is voor beoordeling. Aan de hand van de beschikbare informatie kan niet worden beoordeeld of het onderzochte constructie is opgenomen.

Hittebescherming

De volgende resultaten zijn eigenschappen van de geteste component alleen en doen geen uitspraak over de hittebescherming van de hele kamer:



Bovenste figuur: Temperatuurprofiel binnen het component op verschillende tijdstippen. Bruine lijnen van boven naar beneden, bruine lijnen: om 15, 11 en 7 uur en rode lijnen om 19, 23 en 3 uur's ochtends.

Onderste figuur: Temperatuur aan de buitenkant (rood) en binnenzijde (blauw) oppervlak gedurende een dag. De zwarte pijlen geven de positie van de maximale temperatuurwaarden aan. De maximale binnentemperatuur dient zo mogelijk in de tweede helft van de nacht te worden bereikt.

Faseverschuiving*	niet relevant	Thermische opslagcapaciteit (complete constructie):	138 kJ/m ² K
Amplitude demping**	>100	Warmteopslagcapaciteit van de binnenlagen:	82 kJ/m ² K
TAV***	0,007		

* De faseverschuiving geeft de tijd aan in uren waarna de maximale middagwarmte de binnenzijde van het constructie bereikt.

** Amplitude demping beschrijft de demping van de temperatuurgolf tijdens het passeren van de component. Een waarde van 10 betekent dat de temperatuur aan de buitenkant 10 keer zo hoog is als aan de binnenkant, bijv. 15-35°C buiten, binnen 24-26°C.

*** De temperatuuramplitude ratio TAV is de onderlinge verhouding van de demping: $TAV = 1/\text{Amplitude demping}$

Aanwijzing: De hittebescherming van een ruimte wordt beïnvloed door verschillende factoren, maar hoofdzakelijk door de directe zonnestraling door ramen en de totale hoeveelheid opslagmassa (inclusief vloer, binnenmuren en fittingen / meubels). Een enkele component heeft meestal slechts een zeer kleine invloed op de hittebescherming van de kamer.

Bovenstaande berekeningen werden gemaakt voor een 1-dimensionale dwarsdoorsnede van de component.