



**DONDERDAG
29 OKTOBER**

FABELS EN FEITEN ROND SPOUW- MUURISOLATIE

Kees van der Linden

- isoleren van de gebouwschil algemeen (ppt VENIN)
- spouwmuur na-isolatie (onderzoek Milieu Centraal/RVO/BZK)
- discussie

Feiten en fabels over na-isolatie van spouwmuren

Aanpak onderzoek en
Bouwfysische achtergronden

Kees van der Linden – AaCee Bouwen en Milieu
Eric van den Ham – TU Delft Bouwkunde

Aanleiding

- Spouwmuur na-isolatie meest lucratieve manier van isolatie. Relatief lage kosten, snel terugverdiend
- Toch weerstand (bewoners, uitvoerders), twee redenen:
 - Angst voor vochtproblemen (schimmel)
 - Obstakel op weg naar Energieneutrale woningen

Opdracht van Milieu Centraal, RVO en BZK

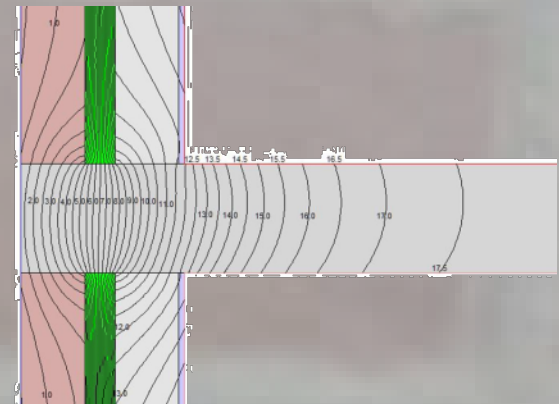
Samen onderzoeksvraag geformuleerd:

Feiten en fabels over spouwmuurisolatie

Uitvoering AaCee Bouwen en Milieu en
TU Delft Bouwkunde

Aanpak onderzoek

- Interviews
- Literatuurstudie (NL, BE, UK)
- Berekeningen
- Overleg
- Workshop/klankbordgroep



Fabels of feiten ?

- Inherente problemen bij het vullen van de spouw
- Uitvoeringsgevoeligheid / duurzaamheid
- Gezondheidsrisico's
- Toekomstbestendigheid



Fabels bestaan al
sinds de jaren '70

FABELS IN ISOLATIELAND



voorlichting
energiebesparing

SVEN

FABEL : 3

Buitenwanden van woningen en andere gebouwen moeten kunnen "ademen".



Als wanden niet kunnen ademen, wordt het binnen te vochtig.

Als wanden niet kunnen ademen, wordt het binnen te vochtig.

WAARHEID:

Buitenwanden van woningen en andere gebouwen behoeven niet te kunnen "ademen".

Op zichzelf is het natuurlijk al onzin dat wanden zouden kunnen ademen.

Men bedoelt echter, dat er door de wanden vocht uit de binnenlucht naar buiten wordt afgevoerd.

De hoeveelheid vocht (waterdamp) die door wanden, zelfs de meest "ademende" wordt afgevoerd,

is meestal niet meer dan 2% van de totale hoeveelheid.

De rest (98%) wordt door ventilatie naar buiten afgevoerd.

Het al dan niet kunnen ademen van constructies heeft dan ook geen merkbare invloed op de vochtigheid van de binnenlucht.

Wat wel nuttig is, is als wanden vocht kunnen opnemen en weer afgeven

- kalkpleister
- leemstuc
- houten betimmering

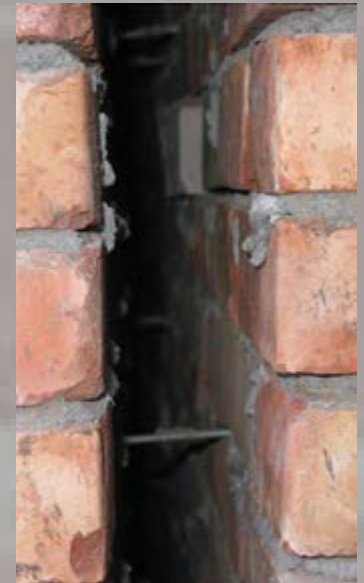
Fabel of feit?:

Spouw(ventilatie) is noodzakelijk

- Spouwventilatie brengt koude lucht binnen in de constructie.
- Droging van het buitenspouwblad gebeurt voor 95% via het buitenoppervlak en maar voor 5% via de spouwventilatie.
- Eventueel door het buitenspouwblad gedrongen water loopt langs de binnenzijde van het buitenspouwblad naar beneden, het isolatiemateriaal vormt geen brug naar de overkant.

Dus een **(geventileerde) spouw** is **niet nodig**, behalve ...

- Bij heel poreus metselwerk (grove betonsteen)
- Heel slecht voegwerk
- Dampremmend afgewerkt buitenblad
- Erg smalle spouw



Conclusie:
bewering onjuist

Fabel of feit?:

**Als de spouw vervuild is met
bouwafval of speciebaarden
kan dit bij na-isolatie tot
vochtdoorslag leiden**



Foto: dantumawegkamp.nl

Dit is juist.

Daarom is een goede voorinspectie ook van levensbelang en is deze ook expliciet onderdeel van de in de uitvoeringsrichtlijnen (URL) voorgeschreven voorinspectie.

Vervuiling dient vooraf verwijderd te worden, danwel dient er een andere manier van isoleren te worden gekozen.

Fabel of feit?:

Spouwisolatie kan leiden tot vorstschade

Ja, maar alleen bij een dampremmend afgewerkt buitenspouwblad: geglazuurde steen, sterk dampremmende verf of coating

Ook bij een heel erg matige kwaliteit steen is er een zeker risico omdat de omstandheden (lagere temperaturen in het buitenspouwblad) wel strenger worden. Maar meestal zijn er dan al aanwijzingen die er bij de voorinspectie uitkomen.



Foto: isolatienl.nl

Bewering juist, dus eerst inspecteren en niet isoleren als er risicofactoren voor vorstschade aanwezig zijn

Fabel of feit?:

Door spouwisolatie ontstaan veel problemen

Sinds jaren '70 circa 60 miljoen m² spouwisolatie aangebracht, bij meer dan 1 miljoen woningen.

Het afgelopen jaar (2014) is er door **SKG-IKOB** gecertificeerde bedrijven 2,2 miljoen m² spouwmuurisolatie aangebracht. Conform de certificatievoorwaarden worden er steekproefgewijs controles op de uitvoering verricht op ongeveer 50 punten.

In 2014 hebben er 1.100 inspecties op locatie plaatsgevonden.
Dit betekent **controle op ca. 55.000 punten**.

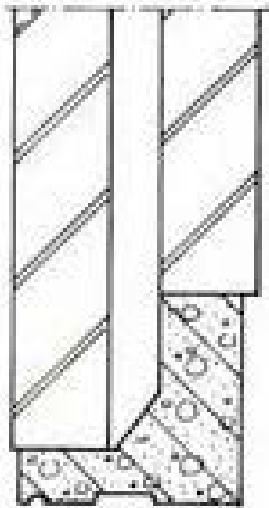
400 kritieke tekortkomingen dat is 0,73% van het aantal controlepunten.

VENIN klachtencommissie 2 klachten in 2014.

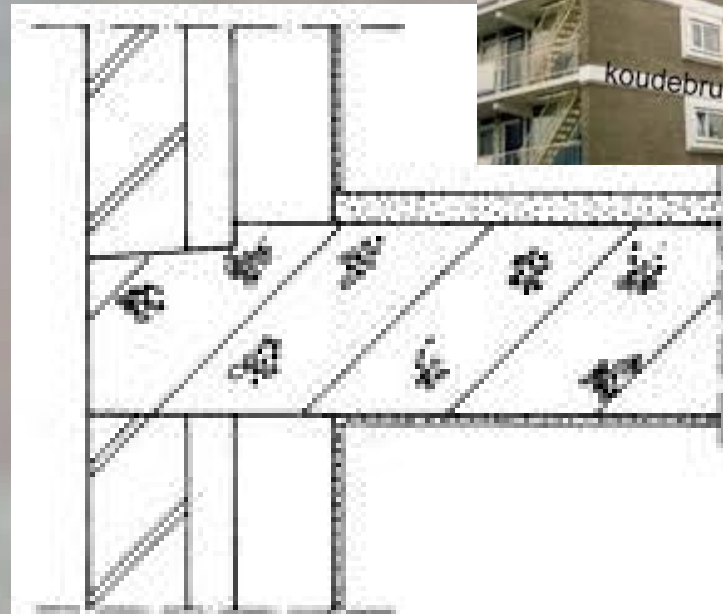
Bewering niet juist

Fabel of feit?:

Als er koudebruggen aanwezig zijn ontstaan problemen als spouwisolatie wordt aangebracht



neuslatei
gewapend beton



Als er koudebruggen aanwezig zijn ontstaan problemen als spouwisolatie wordt aangebracht

De koudebrugwerking wordt door aanbrengen van spouwmuurisolatie niet vergroot maar juist verminderd.

Problemen die eventueel ontstaan hebben te maken met andere oorzaken:

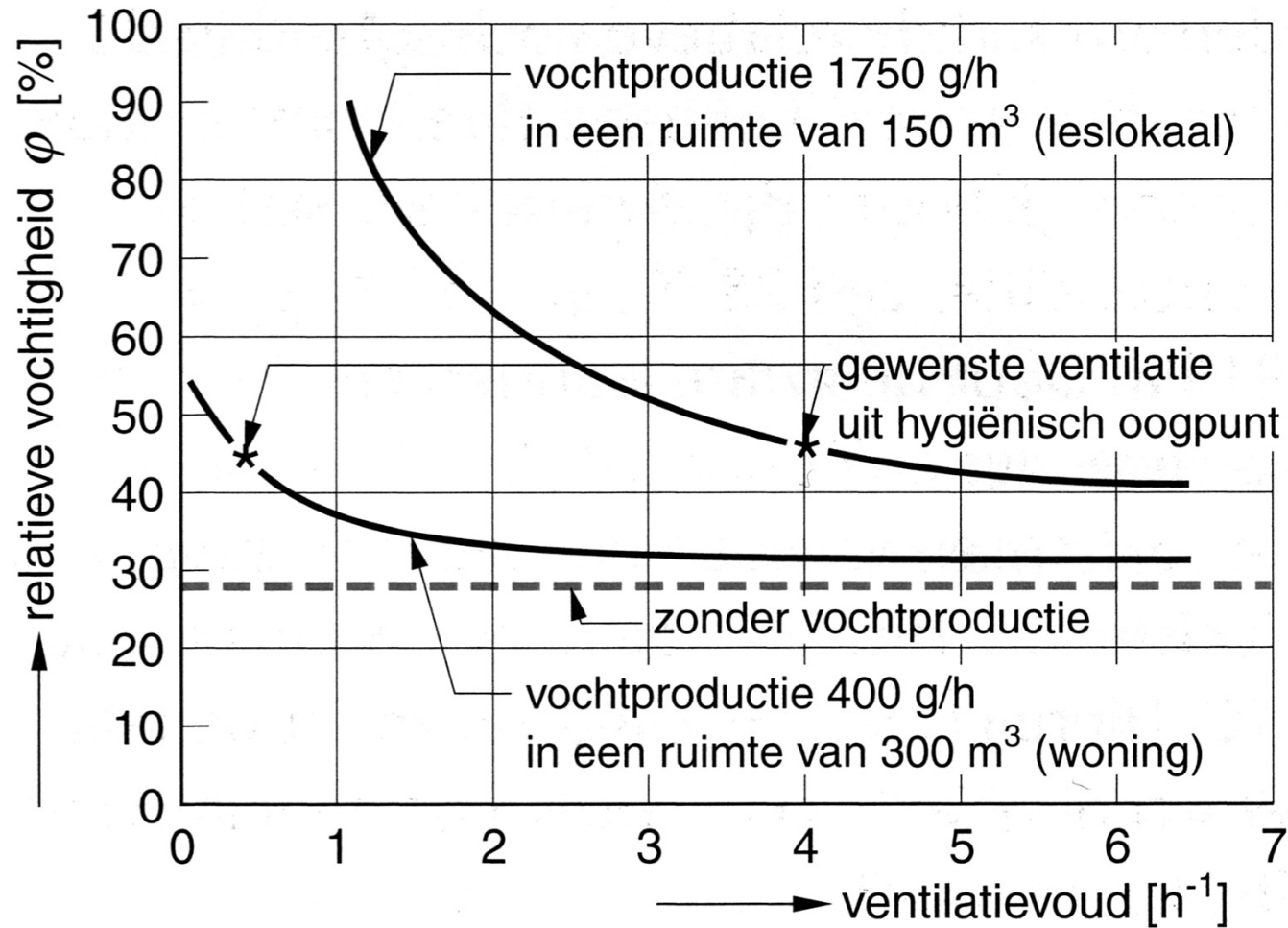
- te weinig ventileren (minder dan voor het isoleren) door afdichten van naden en kieren, eventueel aanpassen van de ventilatievoorzieningen en een eventueel aangepast ventilatiegedrag van de bewoners
- instellen van een lagere binnentemperatuur, enz.

Ventilatie is noodzakelijk vanuit oogpunt van gezondheid.

Een normale ventilatie leidt nooit tot vochtproblemen

Conclusie: fabel

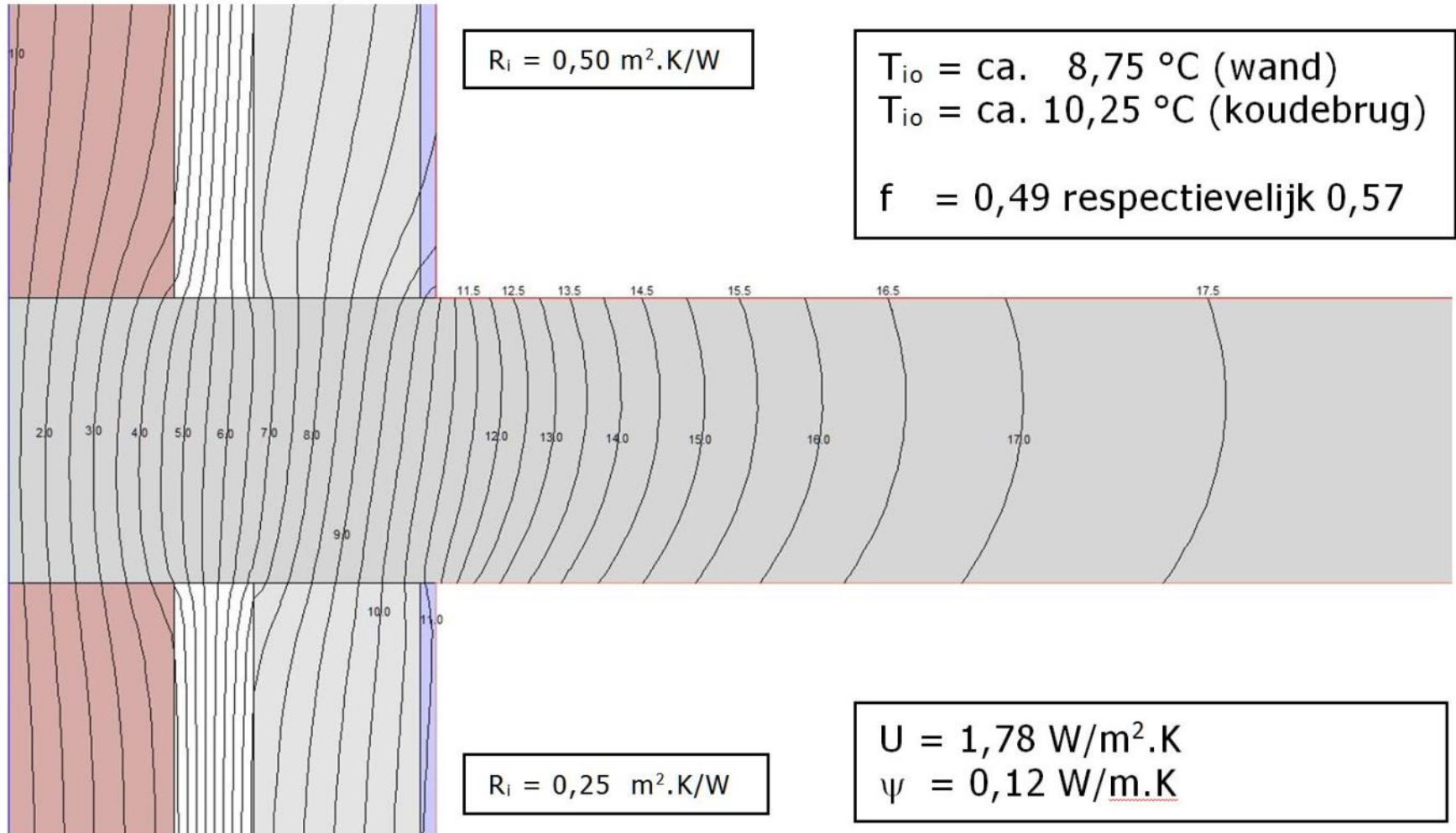
Bij een juiste ventilatie blijft de relatieve vochtigheid binnenhuis beheersbaar en is er geen gevaar voor condensatie



Uitgangspunt figuur: $T_e = 2-3\text{ }^{\circ}\text{C}$; $T_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

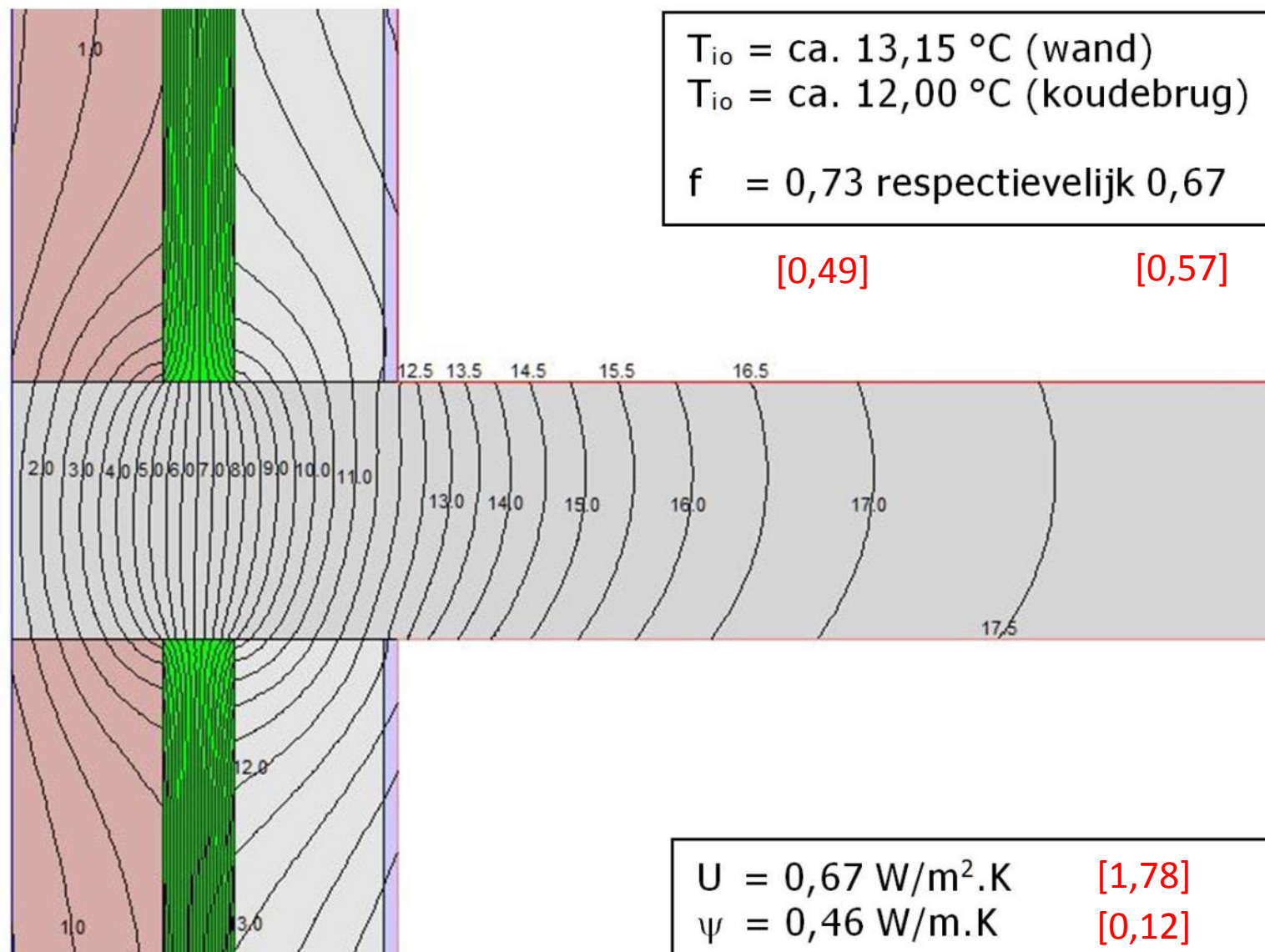
bij $f = 0,6 \rightarrow \text{r.v.}_{\text{max}} = 60 - 65\%$

Ongeïsoleerde spouwmuur met betonnenvloerrand ($T_e = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$; $T_i = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$)

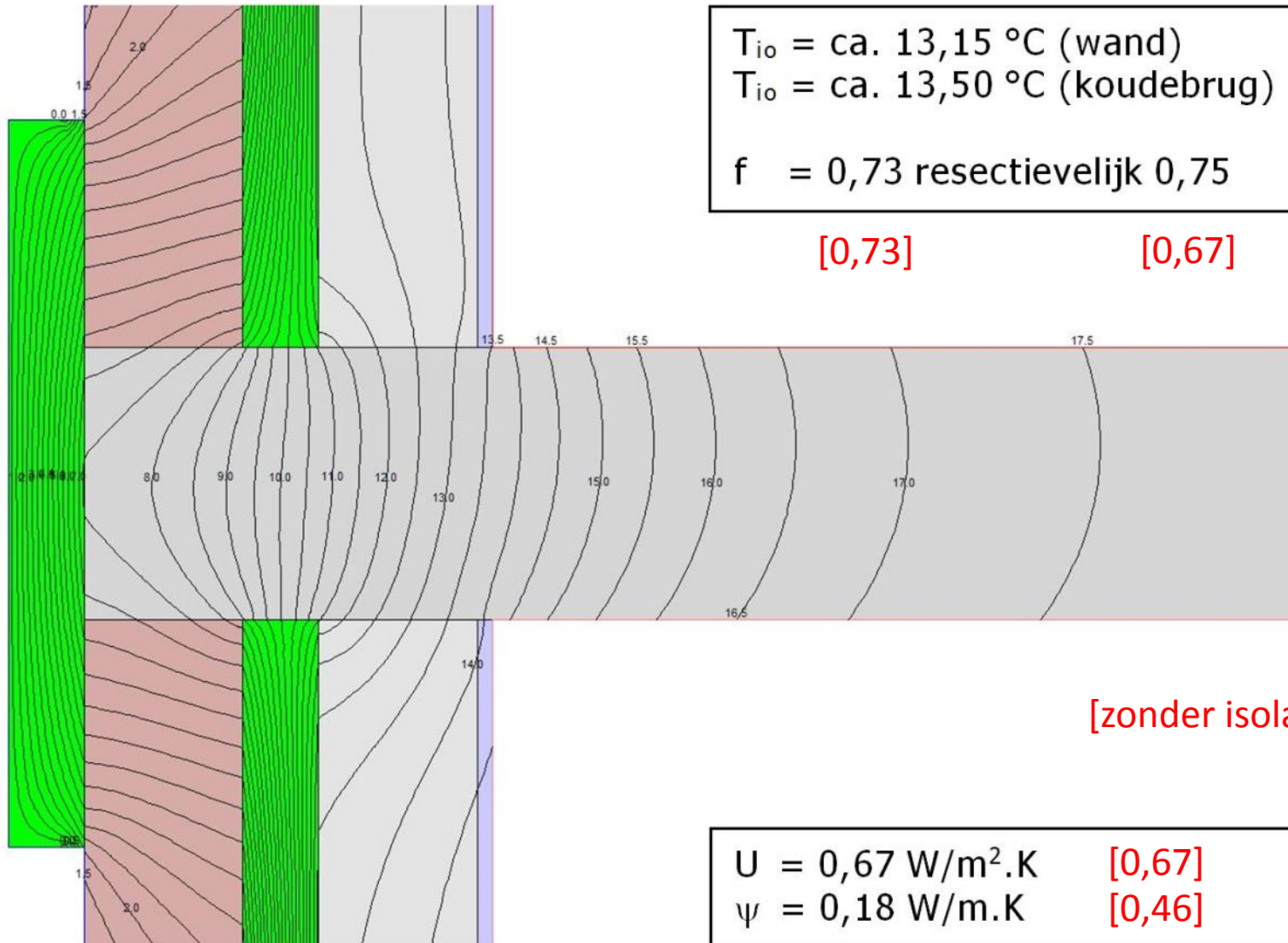


Na-geïsoleerde spouwmuur met betonnen vloerrand ($T_e = 0\text{ °C}$; $T_i = 18\text{ °C}$)

[ongeïsoleerd]



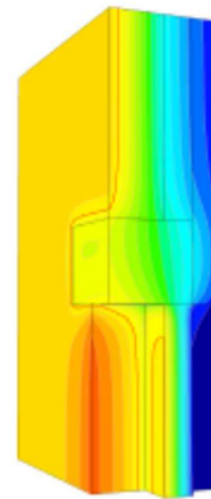
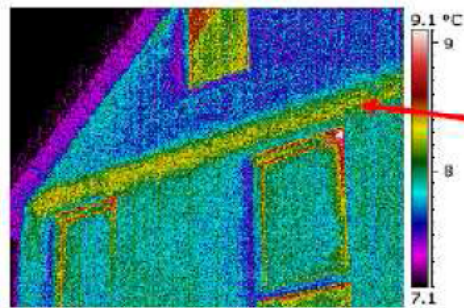
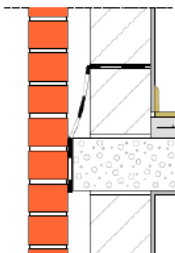
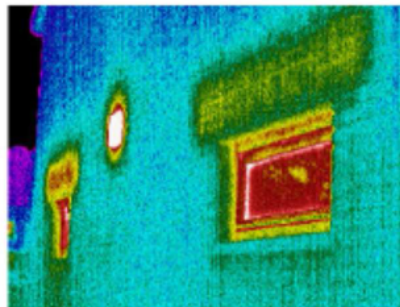
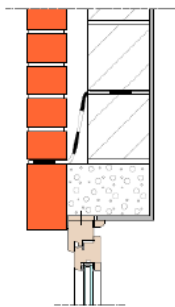
Na-geïsoleerde muur/vloerrand met extra isolatie ($T_e = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$; $T_i = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$)



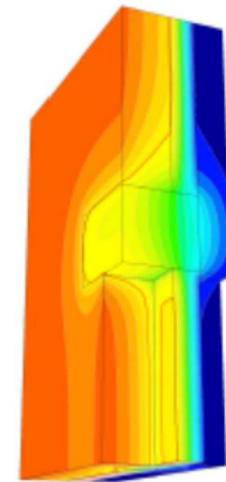


Koudebruggen en navulling

- Traditionele details met spouwsluitingen
- Koudebrug blijft, maar:
 - Warmer binnenoppervlak
 - Kleiner risico op schimmel & condensatie bij onveranderd binnenklimaat



Luchtsouw



Nagevulde
spouw

Fabel of feit?:
Spouwisolatie leidt tot vochtproblemen
elders in de woning



Spouwisolatie leidt tot vochtproblemen elders in de woning

Dit is een **fabel**.

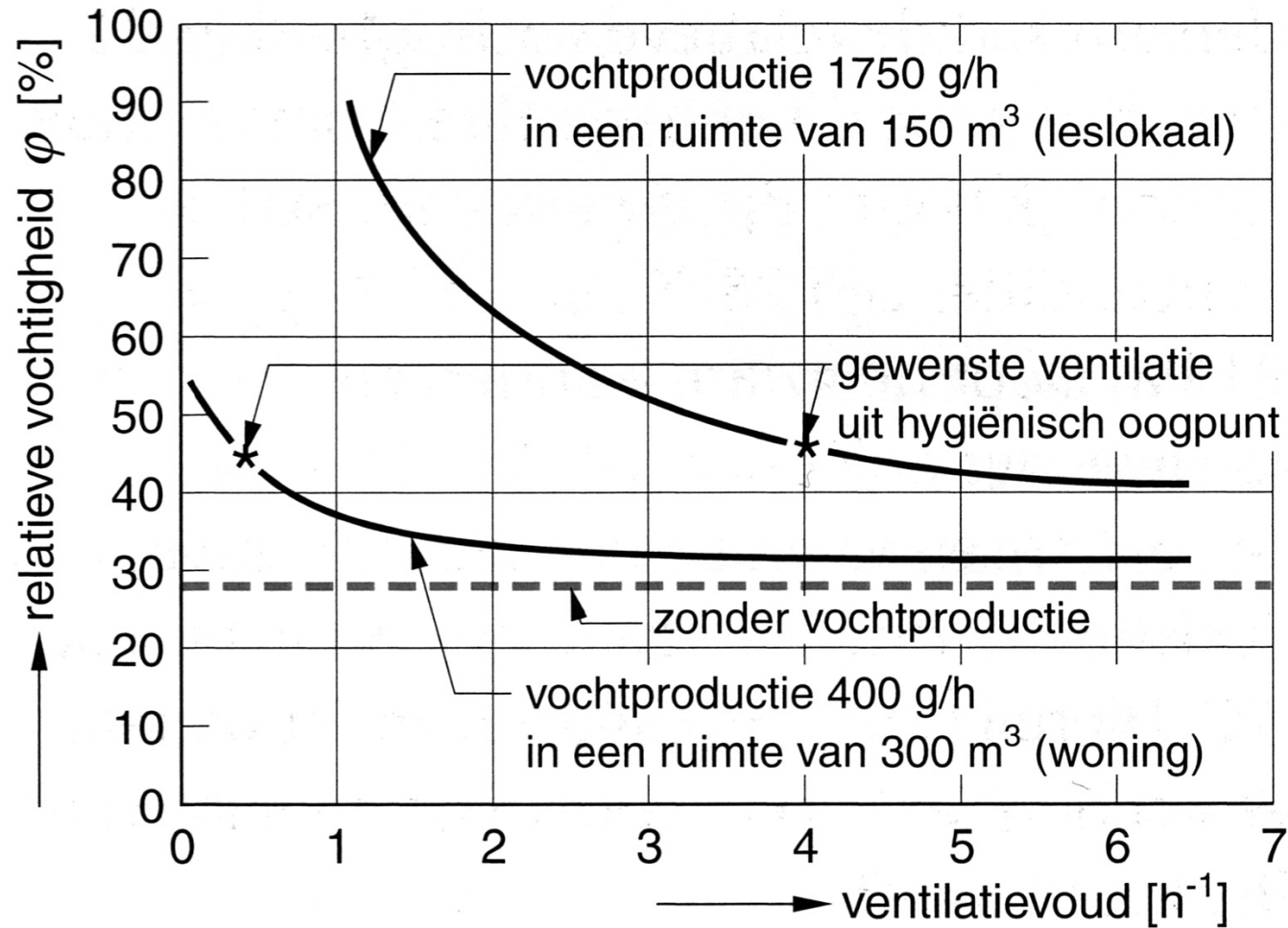
Er zijn gevallen bekend waar na het aanbrengen van spouwisolatie vocht- en schimmelproblemen in de woning ontstonden.

Oorzaken:

- andere maatregelen die tegelijk met de spouwisolatie zijn genomen
- verbetering van de kier- en naaddichting
- aangepast ventilatiegedrag
- andere temperatuurinstelling
- niet goed uitgevoerde kruipruimteventilatie
- enz.



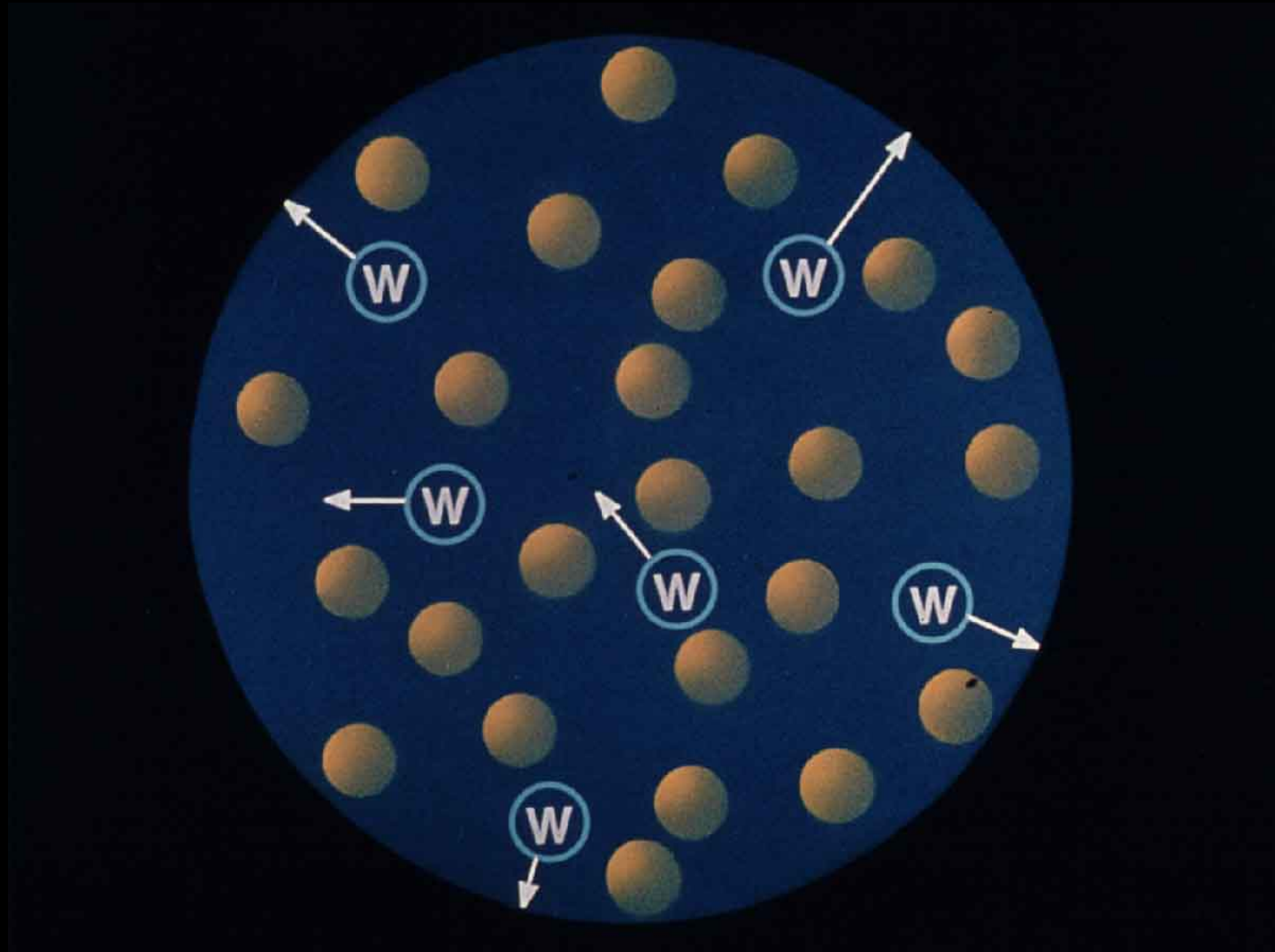
Bij een juiste ventilatie blijft de relatieve vochtigheid binnenhuis beheersbaar en is er geen gevaar voor condensatie



Uitgangspunt figuur: $T_e = 2-3\text{ }^{\circ}\text{C}$; $T_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

bij $f = 0,6 \rightarrow \text{r.v.}_{\text{max}} = 60 - 65\%$

Waterdampspanning



Inl Bouwfysic/ Inst
 Warmte-isolatie
 Warmtetransport
 Warmteweerstand
 Warmte-overdracht
 . geleiding
 . convectie
 . straling
 Warmteverlies
 Energiegebruik
 Temp. verloop
 in constructies

Luchtvochtigheid

Ventilatie
 Opp. condensatie
 Inwendige cond.
 Bouwfysische
 beoordeling constr.

Maximale dampspanning

Maximale waterdampspanning en waterdampconcentratie

T (°C)	$p_{\max}$ (Pa)	$c_{\max}$ (g/m ³)
35	5627	39,56
30	4245	30,34
25	3169	23,05
20	2340	17,28
15	1706	12,85
10	1229	9,40
5	872	6,83
0	611	4,84
-5	401	3,26
-10	260	2,15
-15	165	1,41
-20	103	0,90

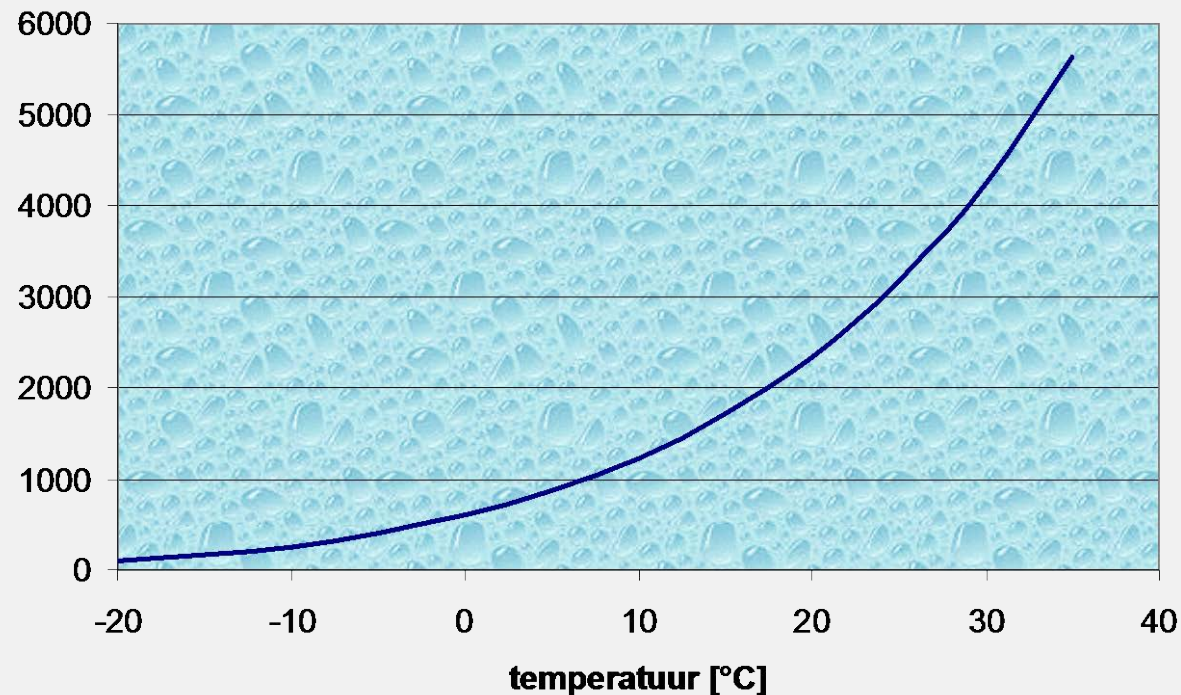
Inl Bouwfysic/ Inst
 Warmte-isolatie
 Warmtetransport
 Warmteweerstand
 Warmte-overdracht
 . geleiding
 . convectie
 . straling
 Warmteverlies
 Energiegebruik
 Temp. verloop
 in constructies

 Luchtvochtigheid

 Ventilatie
 Opp. condensatie
 Inwendige cond.
 Bouwfysische
 beoordeling constr.

Maximale dampspanning

maximale waterdampspanning [Pa]



Wet van Dalton

$B(\text{arometerdruk}) = \text{ca. } 10^5 \text{ Pa}$

$$B = p_{\text{O}_2} + p_{\text{N}_2} + p_{\text{CO}_2} + p_{\text{H}_2\text{O}}$$

Inl Bouwfysic/ Inst
Warmte-isolatie
Warmtetransport
Warmteweerstand
Warmte-overdracht

. geleiding
. convectie
. straling

Warmteverlies
Energiegebruik

Temp. verloop
in constructies

Luchtvochtigheid

Ventilatie

Opp. condensatie

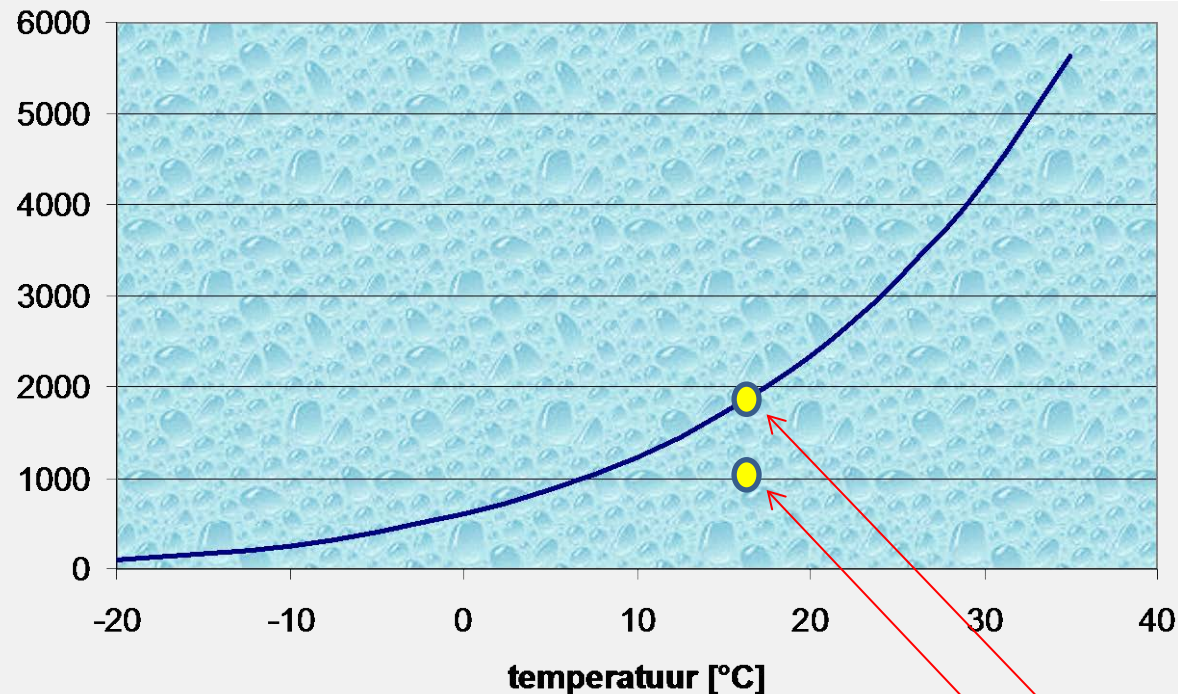
Inwendige cond.

Bouwfysische
beoordeling constr.

Relatieve vochtigheid



maximale waterdampspanning [Pa]



$p_{\max}$: maximale dampspanning
bij constante temperatuur geldt:
 $\phi = c / c_{\max}$

$$\phi = p / p_{\max}$$

[r.v. ook uitgedrukt in %]

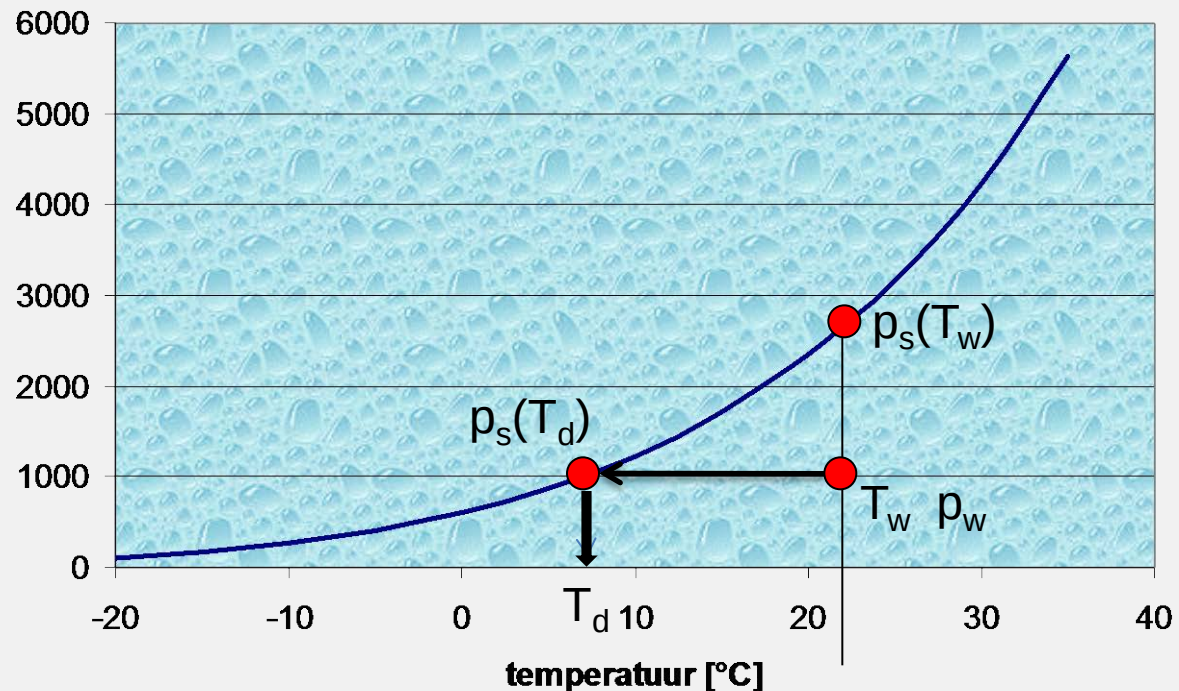
Inl Bouwfysic / Inst
Warmte-isolatie
Warmtetransport
Warmteweerstand
Warmte-overdracht
. geleiding
. convectie
. straling
Warmteverlies
Energiegebruik
Temp. verloop
in constructies

Luchtvochtigheid

Ventilatie
Opp. condensatie
Inwendige cond.
Bouwfysische
beoordeling constr.

Dauwpuntstemperatuur

maximale waterdampspanning [Pa]



Inl Bouwfysic/ Inst
Warmte-isolatie
Warmtetransport
Warmteweerstand
Warmte-overdracht

. geleiding
. convectie
. straling

Warmteverlies
Energiegebruik

Temp. verloop
in constructies

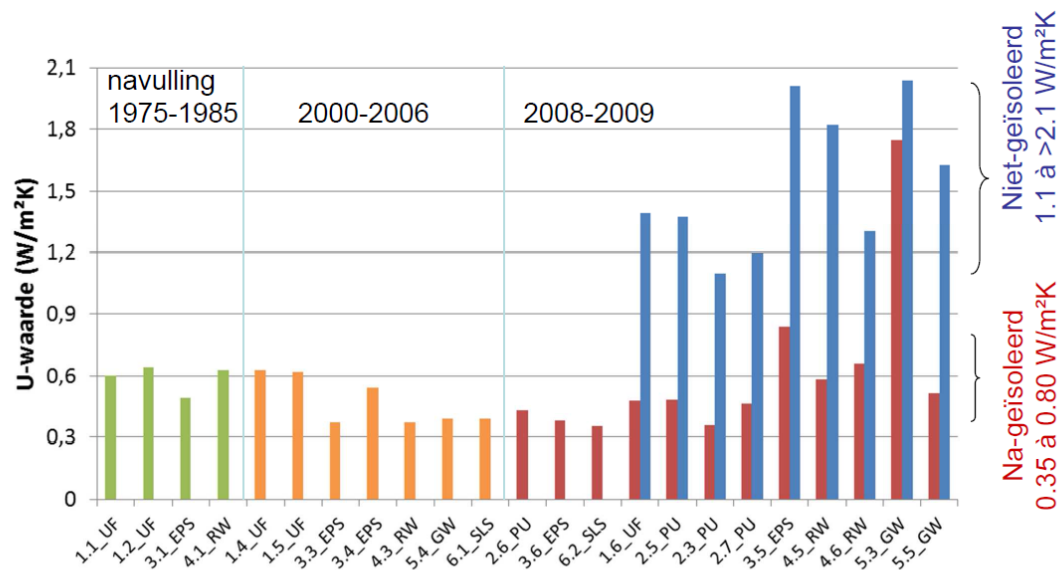
Luchtvochtigheid

Ventilatie
Opp. condensatie
Inwendige cond.
Bouwfysische
beoordeling constr.

Fabel of feit ?

Spouwisolatie verliest na verloop van tijd zijn werking

Resultaten U-waarde



- Meetresultaten bevestigen berekende thermische prestaties na-geïsoleerde spouwmuren:
 - 0.35 à 0.65 W/m²K (90% case-studies)
 - Reductie warmteverlies met factor 2 à 3
- Geen significante verschillen tussen oude en recent gerealiseerde projecten
- Beperkte verschillen tussen isolatiematerialen

Spouwisolatie verliest na verloop van tijd zijn werking

Dit is een fabel.

- moderne isolatiematerialen behouden hun isolerende werking gedurende de levensduur van het gebouw.
- uitzakken van isolatie komt bij correcte uitvoering niet meer voor.
- een uitzondering vormt isolatie met EPS parels bij gebruik van onvoldoende lijm of lijm van slechte kwaliteit

Als eerder (jaren '70/'80) aangebrachte spouwmuurisolatie niet (meer) lijkt te functioneren, of als er nu fouten zijn gemaakt, is er dan herstel mogelijk?



Als eerder (jaren '70/'80) aangebrachte spouwmuur-isolatie niet (meer) lijkt te functioneren, of als er nu fouten zijn gemaakt, is er dan herstel mogelijk?

Ja, dat kan en gebeurt ook in de praktijk.

- Ingezakte isolatie (mineraalwol) wordt vaak gewoon met hetzelfde product (wel een moderne variant) nageblazen.
- Bij andere producten wordt vaak UF-schuim gebruikt, omdat dat vanzelf alle gaatjes opzoekt.
- Daarnaast zijn er gevallen waarbij de oude isolatie eerst moet worden verwijderd. Daarvoor worden uit het buiten spouwblad stenen verwijderd, waardoor de spouw gereinigd kan worden.

Fabel of feit?:

Inblazen van glaswol/ steenwol brengt gezondheidsrisico's met zich mee

Dit is een fabel.

De risico's zijn even groot als bij de toepassing van andere bouwmaterialen waarbij een (kleine) hoeveelheid vezels of stof in de lucht wordt gebracht.

Voor de uitvoerders van de werkzaamheden is een normale bescherming (conform ARBO voorschriften) voldoende.

Voor bewoners is er geen extra risico.

Fabel of feit?:

Inspuiten van PUR brengt gezondheidsrisico's met zich mee

Onderzoek van RIVM naar de gezondheidsrisico's van gespoten PUR bij vloerisolatie loopt nog.

PUR als spouwisolatie heeft een ander productieproces waarbij de kans dat schadelijke stoffen vrijkomen vrijwel afwezig lijkt.

Naar verwachting dus goed onder controle te houden.

Fabel of feit?:

Spouwisolatie heeft een lage isolatiewaarde en staat verdergaande isolatie in de weg (1)

Dit is gedeeltelijk juist.

- alleen spouwisolatie is onvoldoende om energieneutraliteit te bereiken.
- spouwisolatie staat verdergaande isolatiemaatregelen technisch gesproken niet in de weg.
- Juist spouw vullen voordat buiten- of binnengevelisolatie wordt aangebracht om convectiestromen in of ongewenste luchtuitwisseling van of naar de spouw te beperken en de isolatiewaarde te vergroten.

Spouwisolatie heeft een lage isolatiewaarde en staat verdergaande isolatie in de weg (2)

Dit is gedeeltelijk juist.

Economische aspecten

- Het economisch rendement van buiten- of binnenisolatie is lager als de uitgangspositie een geïsoleerde spouwmuur is.
- spouwisolatie blijft een zeer effectieve maatregel, ook als verdergaande isolatiemaatregelen gepland zijn.
- Een uitzondering is als de verdergaande isolatiemaatregelen, met verwijderen van het buitenspouwblad, binnen 4 jaar plaatsvinden.
- Financieel gezien zou kunnen worden geprobeerd de spouwisolatie en de verdergaande isolatie (hoewel later in de tijd) als één project te zien.

Conclusies

- Na-isolatie van spouwmuren heeft onterecht nog altijd een slecht imago
- De meeste van de genoemde bezwaren zijn gebaseerd op fabels en
- Mogelijke risico's worden bij goed uitvoeren van de uitvoeringsrichtlijnen in beginsel volledig ondervangen



Vragen ?

Extra slides mbt inwendige
condensatie

Inwendige condensatie - “het dauwpunt” levert een gevaar op bij na-isolatie van de spouw

De “dauwpuntstemperatuur” van de lucht is de temperatuur waarbij de waterdamp in de lucht gaat condenseren (vloeibaar wordt).

$$\text{Relatieve vochtigheid} = (p_w / p_s) \cdot 100\%$$

Voorbeeld: $T_i = 22\text{ °C}$ en r.v. = 45%

$$p_{wi} = 0,45 \cdot p_{si} = 0,45 \cdot 2645 = 1190\text{ Pa}$$

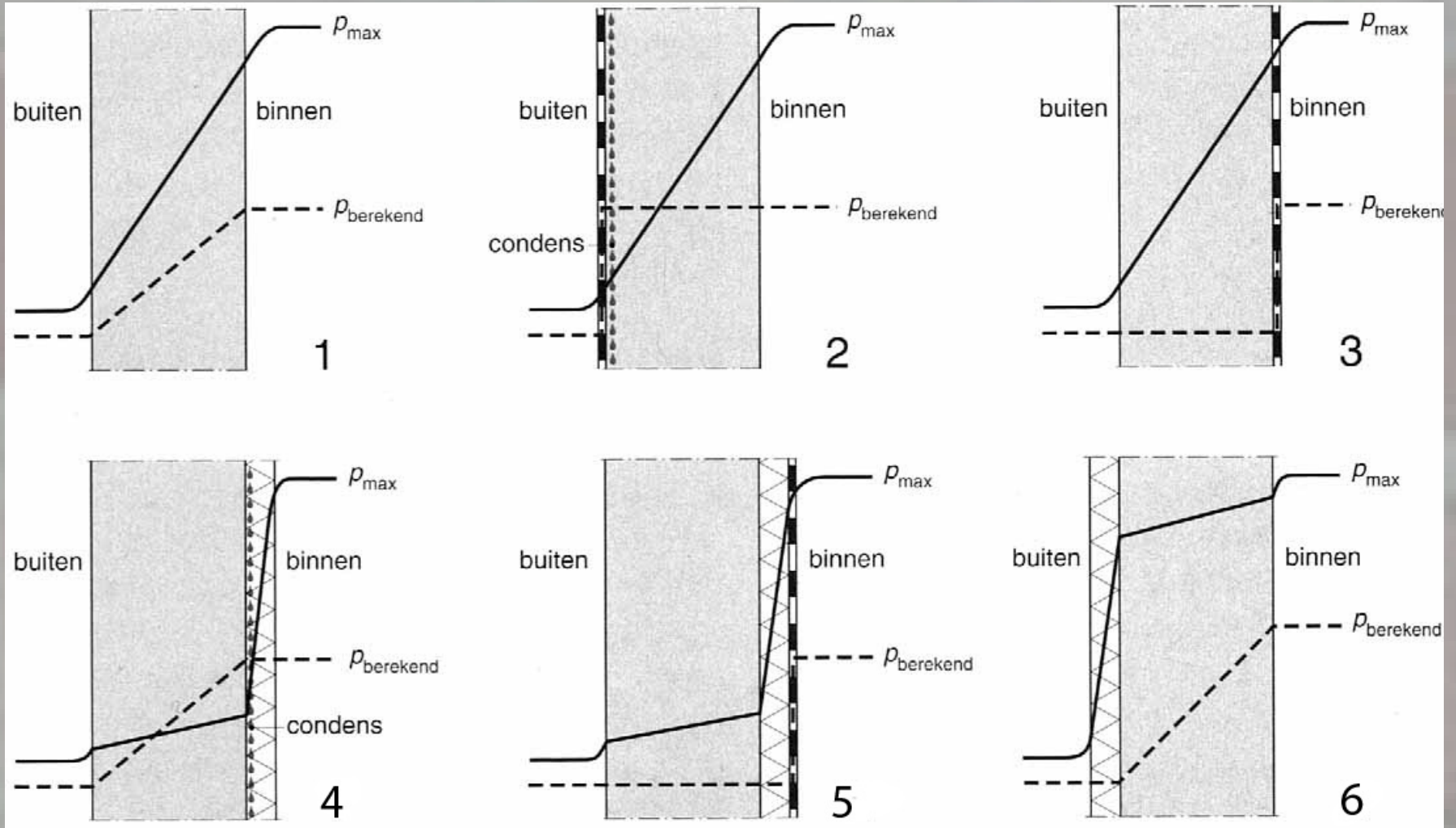
Bij $T = 9,5\text{ °C}$ is de maximale waterdampspanning ook $p_s = 1190\text{ Pa}$.

$$T_{\text{dauwpunt}} = 9,5\text{ °C}$$

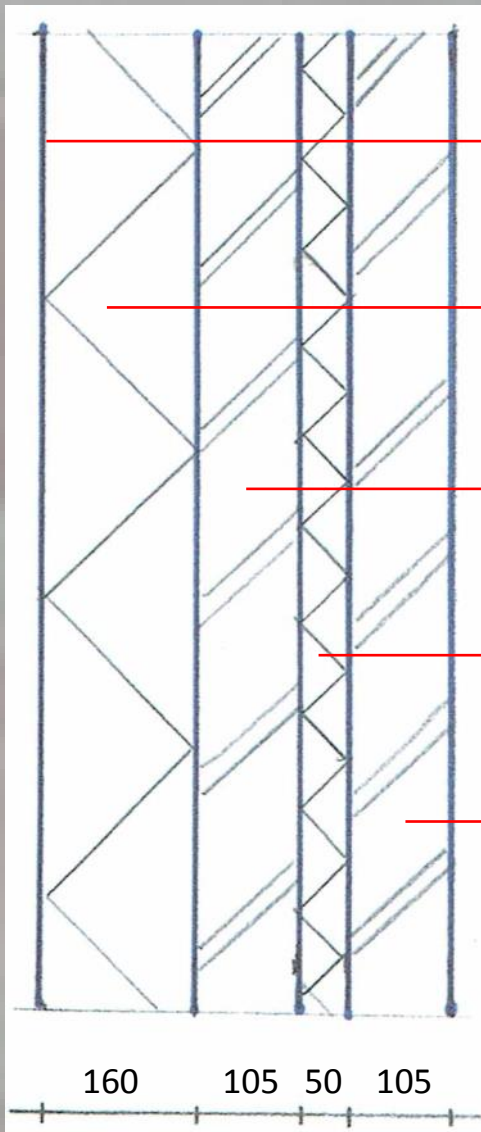
ρ_{max}		De verzadigde waterdampspanning p_s in N/m ²									
g/m ³	Temp. °C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
39,56	+35	5627	5657	5688	5720	5752	5784	5816	5848	5880	5912
37,54	34	5323	5352	5381	5412	5443	5472	5503	5533	5564	5595
35,62	33	5033	5061	5090	5118	5146	5176	5205	5234	5264	5293
33,77	32	4757	4785	4812	4838	4866	4893	4921	4949	4977	5005
32,02	31	4496	4521	4546	4573	4598	4625	4650	4677	4704	4730
30,34	30	4245	4270	4294	4319	4344	4369	4393	4418	4443	4469
28,73	29	4007	4031	4054	4078	4102	4125	4149	4173	4197	4221
27,21	28	3782	3803	3826	3848	3871	3893	3915	3938	3962	3984
25,75	27	3567	3588	3610	3630	3651	3674	3695	3716	3738	3760
24,36	26	3363	3383	3403	3423	3443	3463	3484	3504	3524	3545
23,05	25	3169	3188	3207	3226	3246	3264	3284	3303	3323	3343
21,78	24	2985	3003	3022	3040	3058	3076	3095	3114	3132	3151
20,55	23	2811	2828	2844	2861	2879	2896	2915	2932	2949	2967
19,43	22	2645	2661	2677	2693	2710	2727	2744	2760	2778	2793
18,35	21	2488	2504	2519	2535	2549	2565	2581	2597	2613	2629
17,28	20	2340	2353	2368	2382	2397	2412	2428	2442	2457	2473
16,30	19	2199	2212	2225	2240	2253	2268	2281	2296	2310	2325
15,37	18	2065	2077	2090	2104	2117	2130	2144	2157	2170	2184
14,47	17	1938	1950	1962	1976	1988	2001	2014	2026	2034	2052
13,65	16	1819	1830	1842	1854	1866	1878	1890	1902	1914	1926
12,88	15	1706	1717	1728	1739	1750	1761	1773	1784	1796	1808
12,07	14	1599	1609	1619	1630	1641	1651	1662	1673	1684	1696
11,35	13	1498	1507	1518	1527	1538	1547	1558	1569	1578	1589
10,65	12	1403	1413	1422	1431	1441	1450	1459	1469	1478	1489
10,01	11	1313	1321	1331	1339	1349	1358	1366	1375	1385	1394
9,40	10	1229	1237	1245	1253	1262	1270	1278	1287	1295	1305
8,82	9	1148	1156	1164	1172	1179	1187	1195	1203	1212	1220
8,27	8	1072	1080	1087	1095	1103	1110	1118	1126	1132	1140
7,76	7	1002	1008	1015	1023	1030	1036	1044	1051	1059	1066
7,28	6	935	942	948	955	962	968	975	982	988	995

$c_{\max}$ g/m ³	Temp. °C	De verzadigde waterdampspanning p_s in N/m ²									
		,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
39,56	+ 35	5627	5657	5688	5720	5752	5784	5816	5848	5880	5912
37,54	34	5323	5352	5381	5412	5443	5472	5503	5533	5564	5595
35,62	33	5033	5061	5090	5118	5146	5176	5205	5234	5264	5293
33,77	32	4757	4785	4812	4838	4866	4893	4921	4949	4977	5005
32,02	31	4496	4521	4546	4573	4598	4625	4650	4677	4704	4730
30,34	30	4245	4270	4294	4319	4344	4369	4393	4418	4443	4469
28,73	29	4007	4031	4054	4078	4102	4125	4149	4173	4197	4221
27,21	28	3782	3803	3826	3848	3871	3893	3915	3939	3962	3984
25,75	27	3567	3588	3610	3630	3651	3674	3695	3716	3738	3760
24,36	26	3363	3383	3403	3423	3443	3463	3484	3504	3530	3546
23,05	25	3169	3188	3207	3226	3246	3264	3284	3303	3323	3343
21,78	24	2985	3003	3022	3040	3058	3076	3095	3114	3132	3151
20,55	23	2811	2828	2844	2861	2879	2896	2915	2932	2949	2967
19,43	22	2645	2661	2677	2693	2710	2727	2744	2760	2778	2793
18,35	21	2488	2504	2518	2535	2549	2565	2581	2597	2613	2629
17,28	20	2340	2353	2368	2382	2397	2412	2428	2442	2457	2473
16,30	19	2198	2212	2225	2240	2253	2268	2281	2296	2310	2325
15,37	18	2065	2077	2090	2104	2117	2130	2144	2157	2170	2184
14,47	17	1938	1950	1962	1978	1988	2001	2014	2026	2034	2052
13,65	16	1818	1830	1842	1854	1866	1878	1890	1902	1914	1926
12,85	15	1706	1717	1728	1739	1750	1761	1773	1784	1796	1808
12,07	14	1599	1609	1619	1630	1641	1651	1662	1673	1684	1696
11,35	13	1498	1507	1518	1527	1538	1547	1558	1569	1578	1589
10,65	12	1403	1413	1422	1431	1441	1450	1459	1469	1478	1489
10,01	11	1313	1321	1331	1339	1349	1358	1366	1375	1385	1394
9,40	10	1229	1237	1245	1253	1262	1270	1278	1287	1295	1305
8,82	9	1148	1156	1164	1172	1179	1187	1195	1203	1212	1220
8,27	8	1072	1080	1087	1095	1103	1110	1118	1126	1132	1140
7,76	7	1002	1008	1016	1023	1030	1036	1044	1051	1059	1066
7,28	6	935	942	948	955	962	968	975	982	988	995

Inwendige condensatie



Geïsoleerde spouwmuur mét buitenisolatie



steenstrips/pleisterlaag

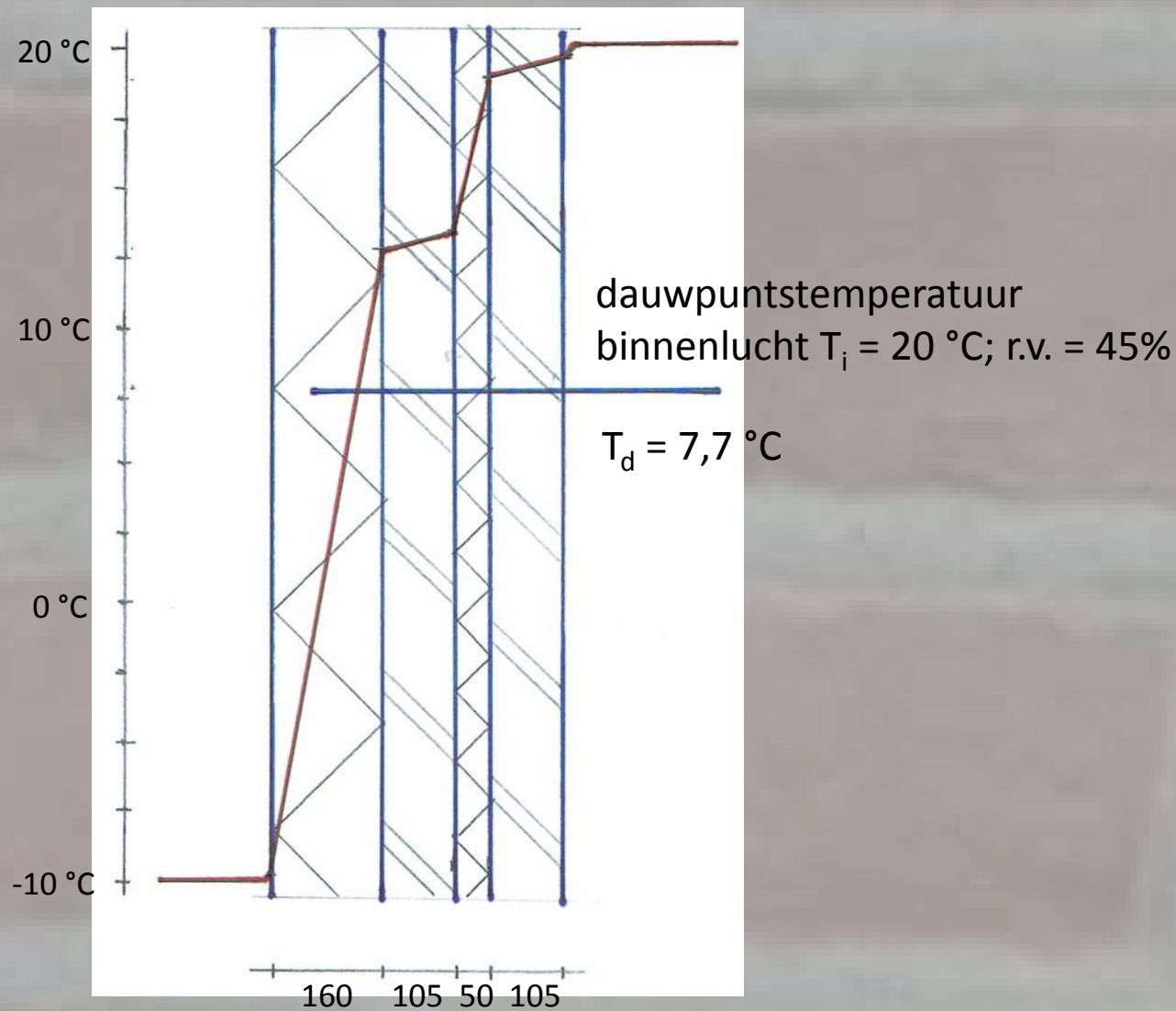
eps of minerale wol

baksteen

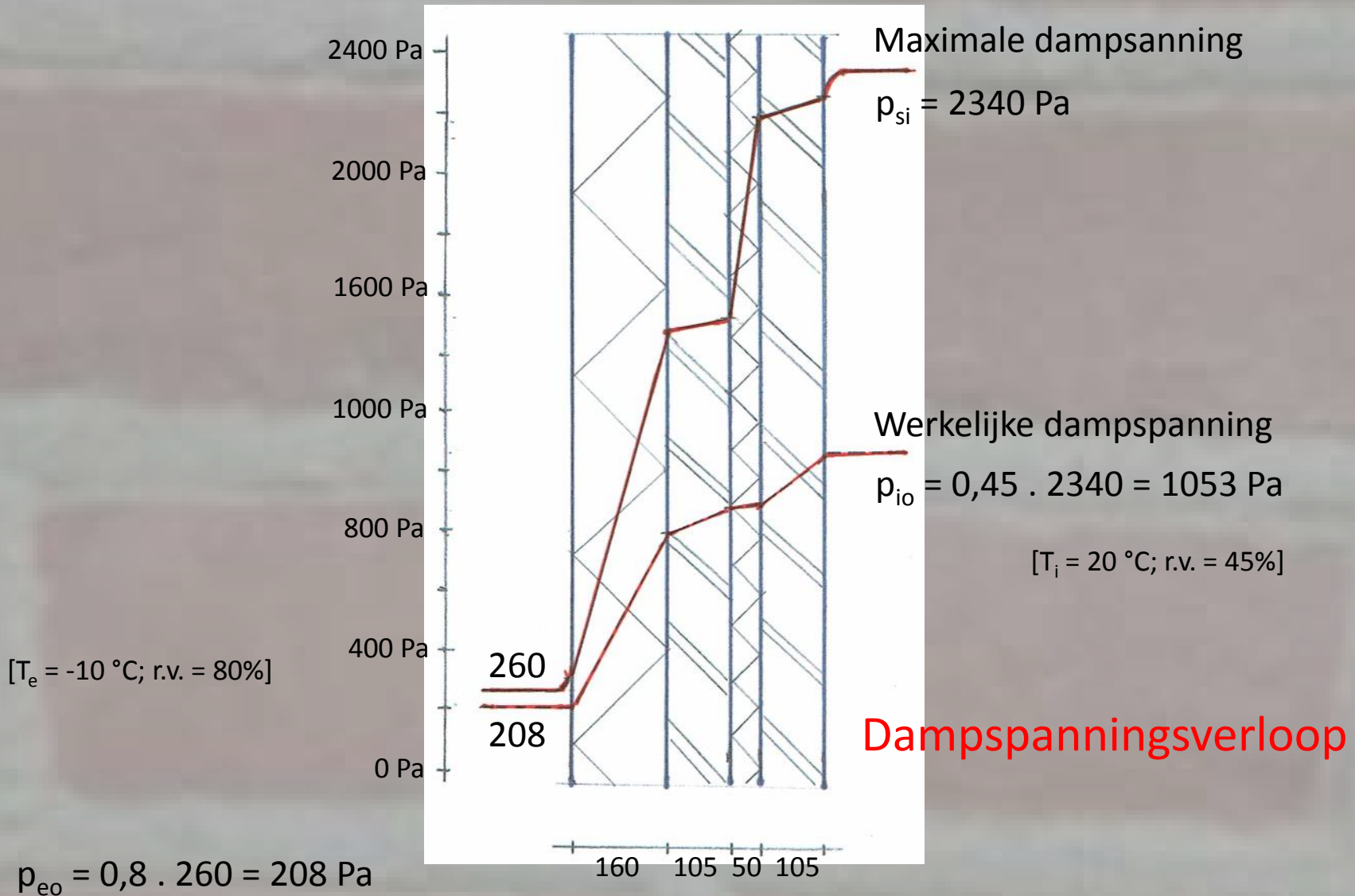
spouwisolatie

kalkzandsteen

Temperatuurverloop



Dampspanningsverloop mét buitenisolatie eps

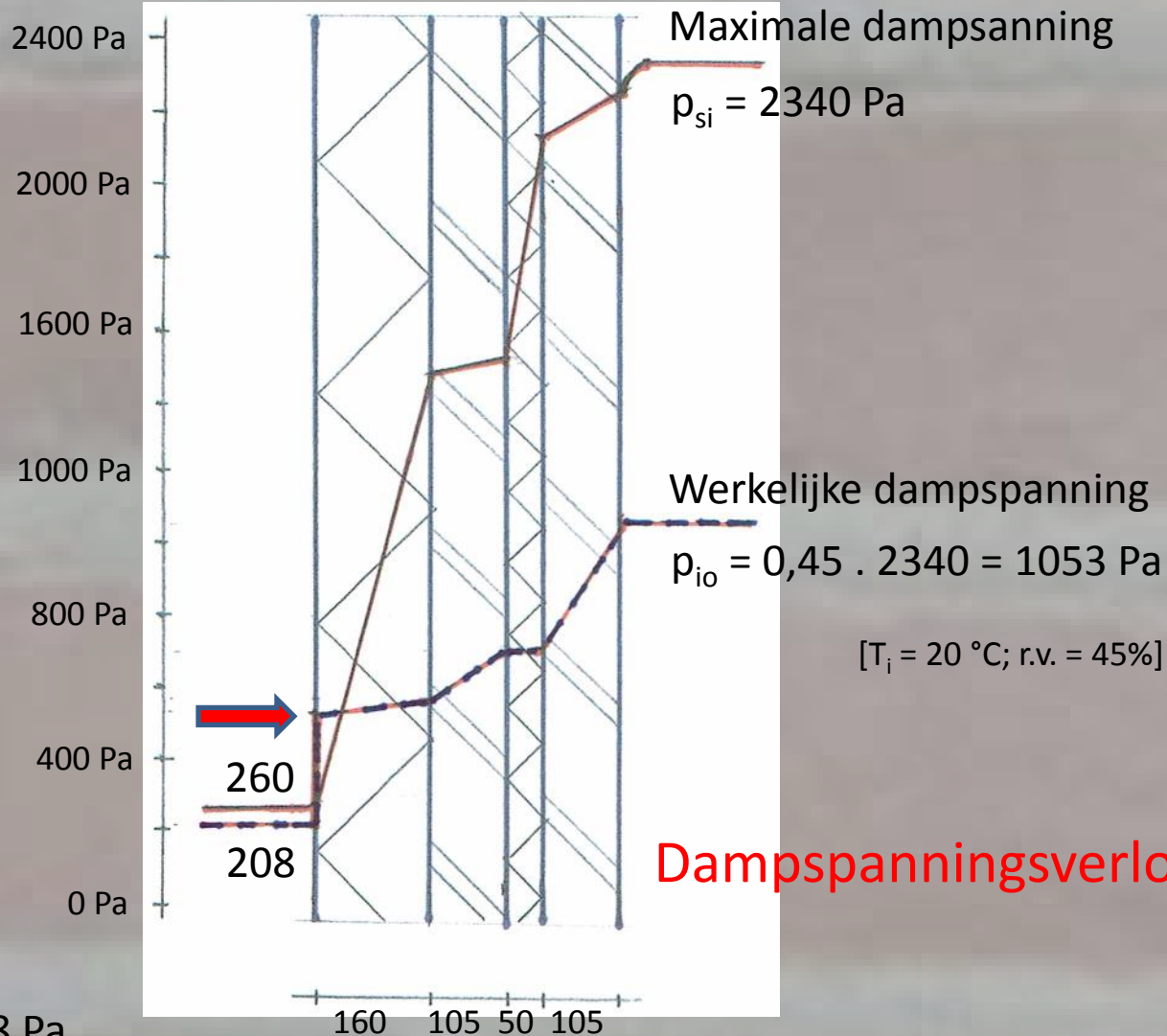


Dampspanningverloop met buitenisolatie min. wol

→
 $p_w > p_s$??
en nu ??

$[T_e = -10\text{ °C}; \text{r.v.} = 80\%]$

$p_{eo} = 0,8 \cdot 260 = 208\text{ Pa}$



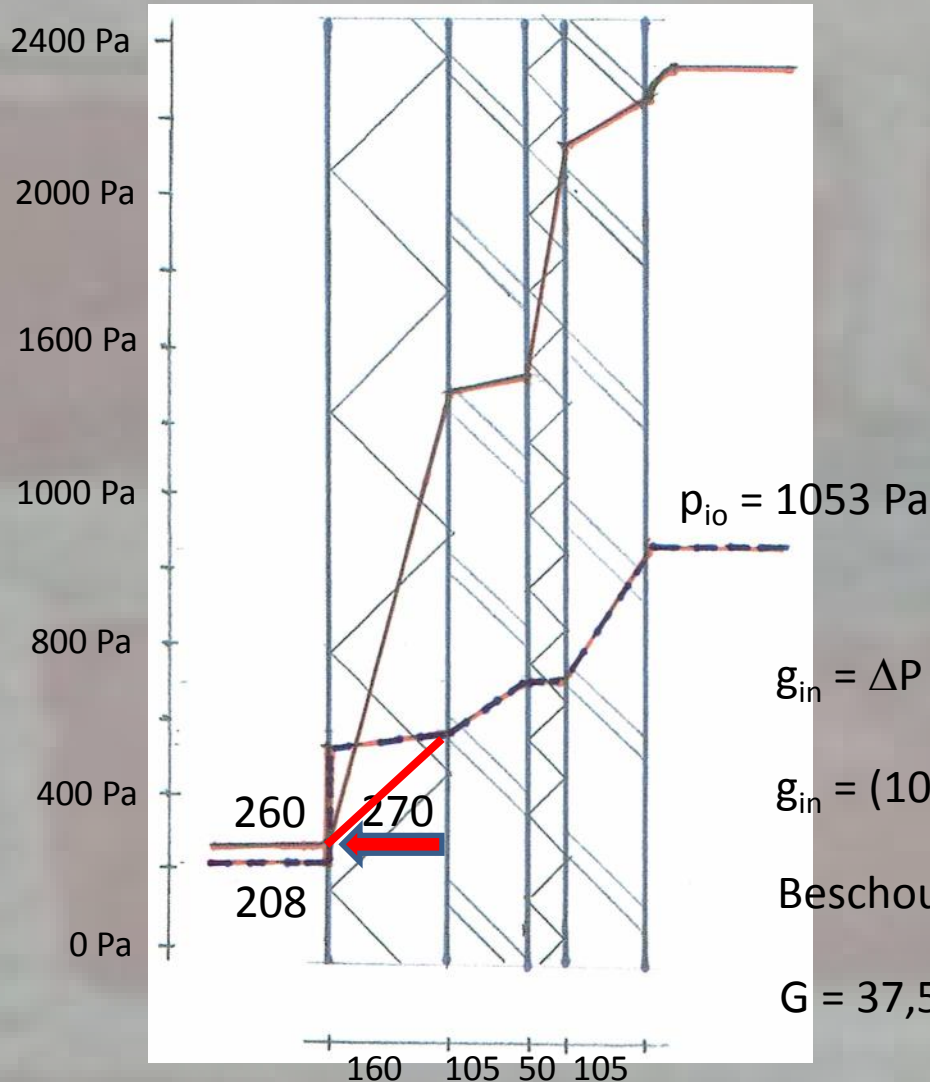
Buizenislatatie min. wol afgewerkt met pleisterlaag

Inwendige condensatie

Hoeveelheid condens: $g = g_{in} - g_{uit}$ [kg/m².jr]

$p_{condens} = \text{ca. } 270 \text{ Pa}$

$\Sigma \mu d_{in} = 3,94 \text{ m}$ $\Sigma \mu d_{uit} = 2,50 \text{ m}$



$g_{in} = \Delta P / (5,3 \cdot 10^9 \cdot \Sigma \mu d)$ [kg/m².s]

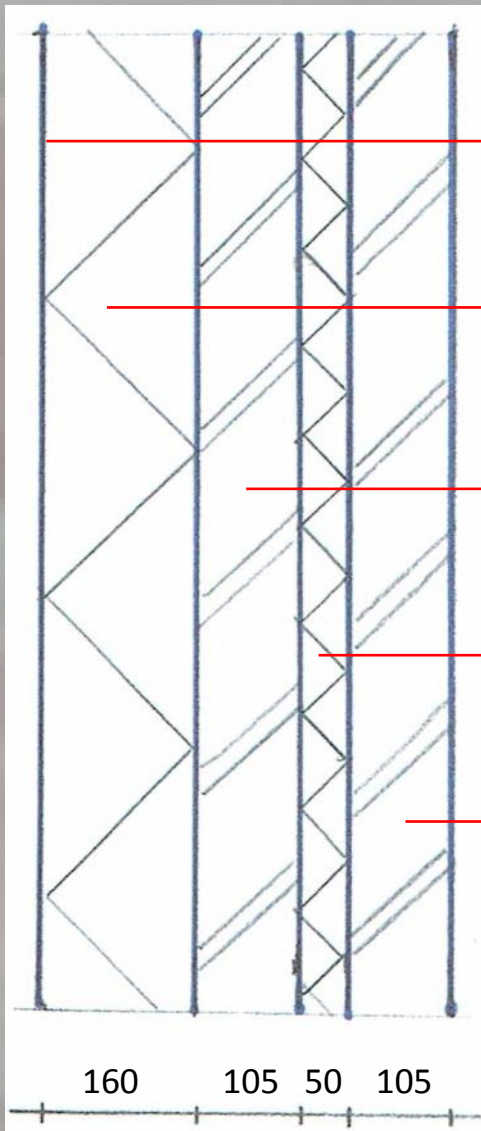
$g_{in} = (1053 - 270) / (5,3 \cdot 10^9 \cdot 3,94) = 37,5 \cdot 10^{-9} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$

Beschouwingsperiode 60 dagen

$G = 37,5 \cdot 10^{-9} \cdot 60 \cdot 24 \cdot 3600 = \text{ca. } 0,2 \text{ kg/m}^2$

Geen probleem !!

Berekeningsgegevens



pleisterlaag 5 mm; $\mu = 50$

eps: $\lambda = 0,035 \text{ W/m.K}$; $\mu = 50$ (afwerking idem)

min. wol: $\lambda = 0,035 \text{ W/m.K}$; $\mu = 1,25$

baksteen: $\lambda = 1,0 \text{ W/m.K}$; $\mu = 10$

spouwisolatie: $\lambda = 0,045 \text{ W/m.K}$; $\mu = 1,25$

kalkzandsteen: $\lambda = 1,0 \text{ W/m.K}$; $\mu = 25$