

Isoleringsmaterialer og tæthed

v. Martin Morelli

26. & 27. november 2025
Træinfo: Træelementbyggeri


BYGNINGSFYSIK

Klimaskærmens funktioner

1. Vandbarriere
2. Vindbarriere
3. Varmebarriere
4. Vanddampbarriere
5. Brand og lyd

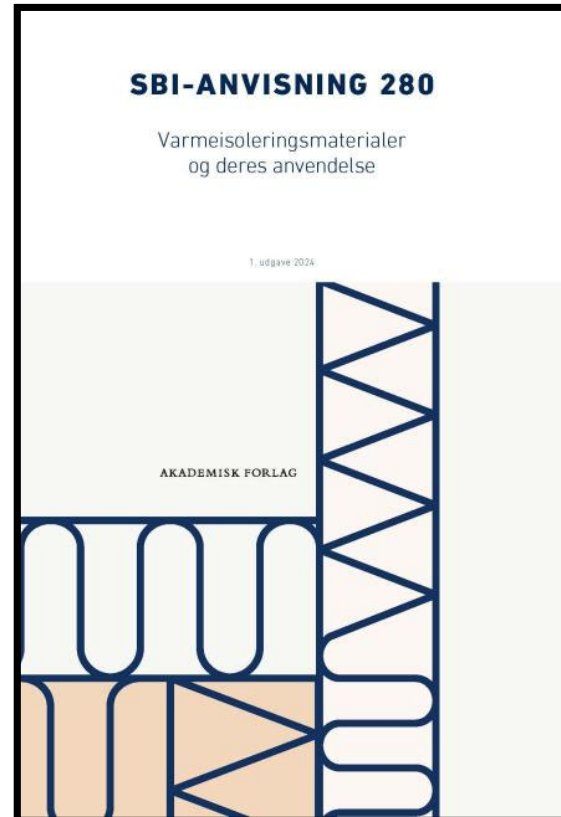
Lagdelt konstruktion



Isoleringsmaterialers egenskaber

- Varmeledningsevne
- Densitet og sætning af løsfyld
- Fugttekniske egenskaber
- Brandtekniske egenskaber
- Styrke og stivhed
- Lydisolation
- (Livscyklusdata)

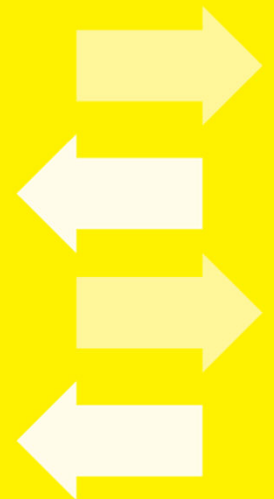
25-11-2025



BUNCH
BYGNINGSFYSIK

 Brancheforeningen
for Biobaserede
Isoleringsmaterialer

**Produktoversigt
2025** ✓



VarmesoleringsForeningen

VIF
KVALITETSPRODUKT

Isoleringsmaterialer (i SBI-anvisning 280)

- Mineraluld
- EPS (ekspanderet polystyren)
- XPS (ekstruderet polystyren)
- PUR (polyurethanskum)
- PIR (polyisocyanurat)
- Fenolskum
- Celleglas (foamglass)
- Træfiberisolering
- Papirisolering
- Løse letklinker
- Ekspanderet perlite
- Lecabeton / letklinkerbeton
- Porebeton
- Kalciumsilikat
- Hamp
- Hør
- Græs
- Halm
- Fåreuld
- Vakuumisoleringsplader
- Aerogel
- Refleksiv isolering
- Hampcrete
- Muslingeskaller

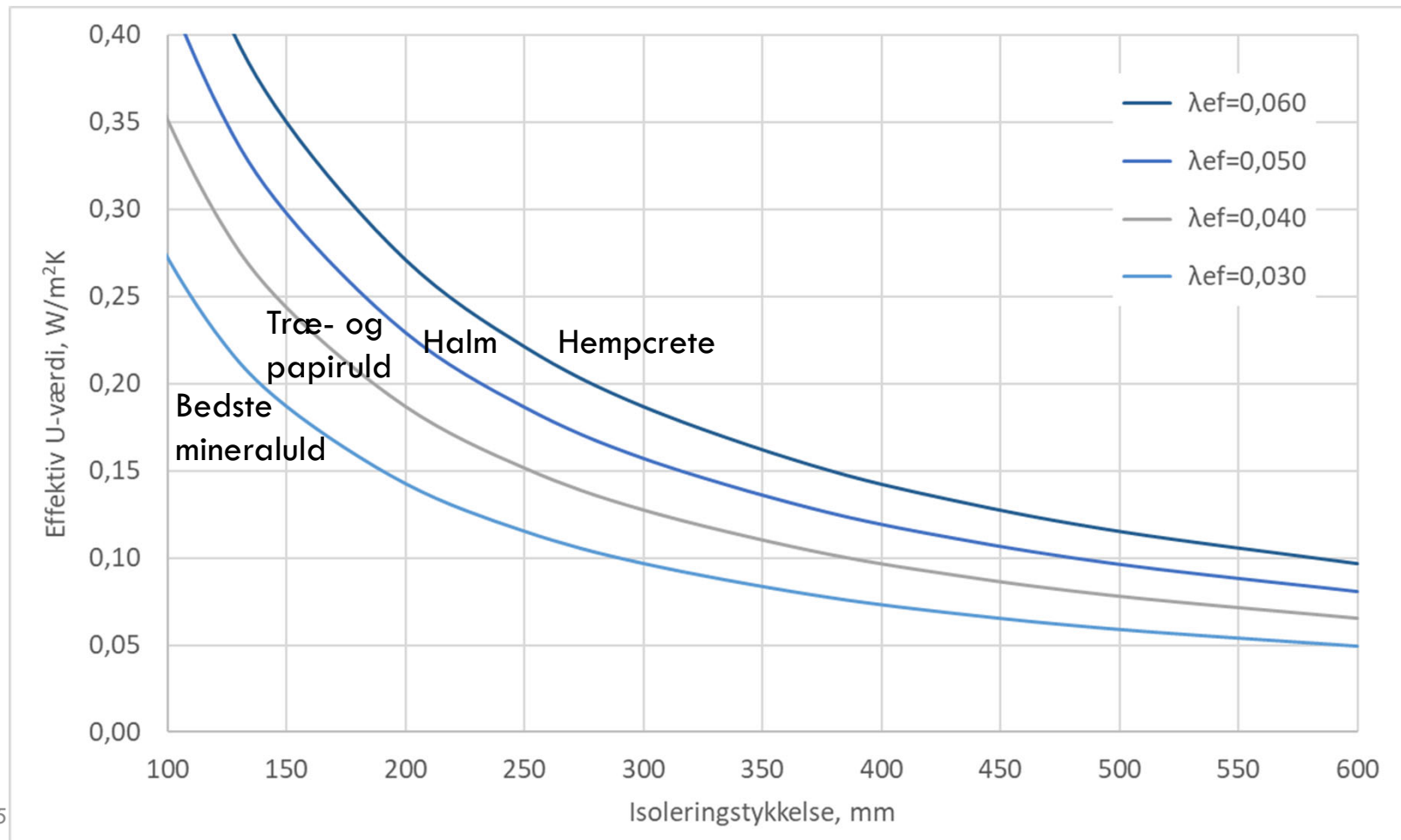
Varmeledningsevne

milliwatt, mW

- Jo lavere varmeledningsevne er, desto bedre isolerer materialet
- I kapillarbrydende lag i terrændæk regnes de nederst 75 mm våde og multipliceres med faktor 1,2

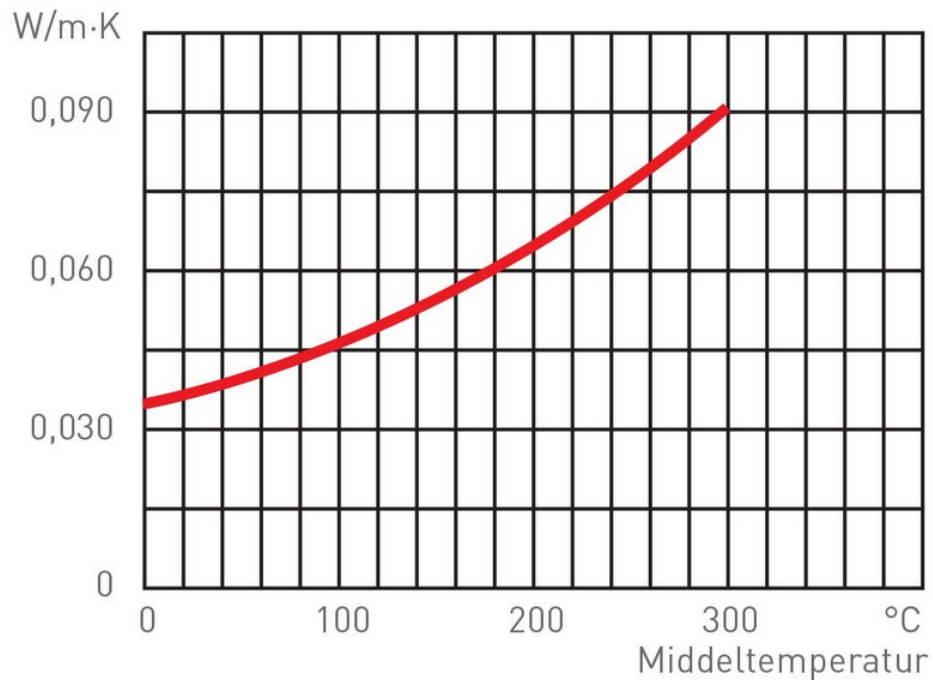
• Mineraluld	30 – 40
• Træfiber	38 – 46
• Papir	37 – 39
• Halm, hør, græs	36 – 48
• EPS	37 – 41
• EPS med grafit	32
• XPS	27 – 41
• PIR	22 – 27
• PUR	22 – 32
• Fenolskum	18 – 22
• Vakuum isolering	7 – 10
• Celleglas	36 – 58
• Hempcrete	60 – 115

Ydervæg



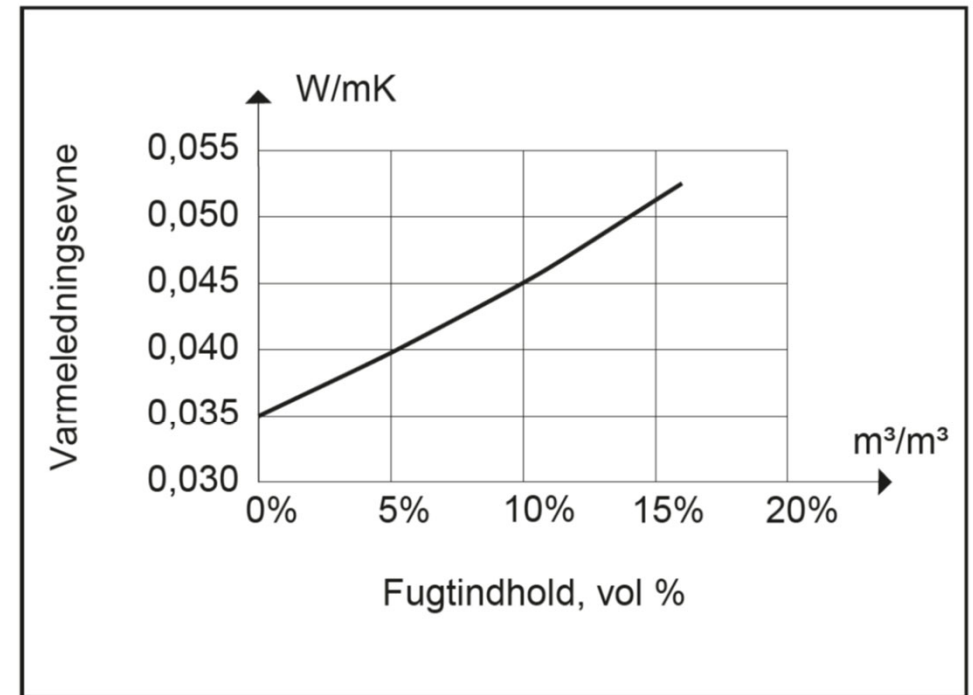
Indflydelse på varmeledningsevne

Eksempel på et produkts lambda-kurve:



Kilde: <https://info.rockwool.dk/da/den-lille-tekniske/vaerd-at-vide/lambda-vaerdier/>

25-11-2025



Figur 3.8.1: Ændring af varmeledningsevne for mineraluld og EPS som funktion af fugtindhold uden hensyn til latent varmetransport.

Hvor meget vand er for meget?

I varme tage er acceptkriteriet 0,5 vol%, svarende til 1 kg vand/m² i 200 mm isolering



40 volumenprocent

Sætning (fra anv. 280)

- Sætning af løsfyld medfører reduceret isoleringsevne
- Mineraluld < 5%
- Papiruld < 12%
- Træfiber < 20%*
*synes høj
- Afhænger af densitet.
Større densitet, mindre sætning



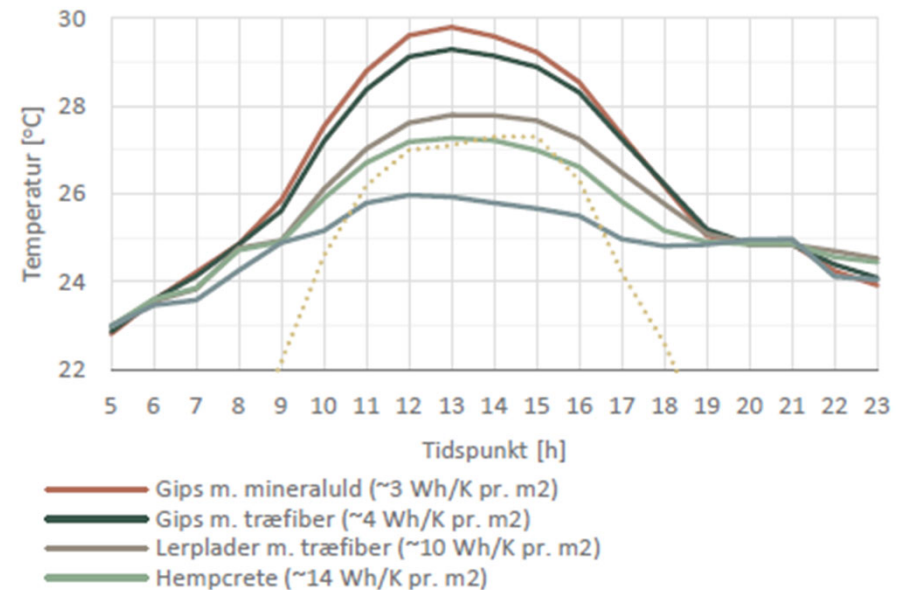
Varmekapacitet



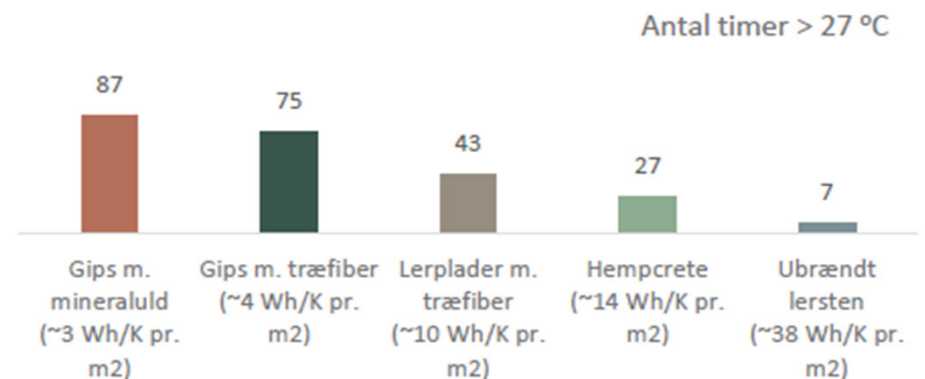
Konstruktionernes varmekapacitet estimeres ved at summere varmekapaciteten af de enkelte materialegene indtil:

- Midten af en rumadskillende flade
- En tykkelse på 100 mm af de pågældende materialer
- Typisk medregnes isoleringslag ikke i varmekapaciteten, men da biobaserede isoleringsmaterialer har en højere densitet, medregnes de i dette tilfælde

25-11-2025



Figur 4.4: Temperaturudvikling i soveværelse en sommerdag med variation af indervægge.



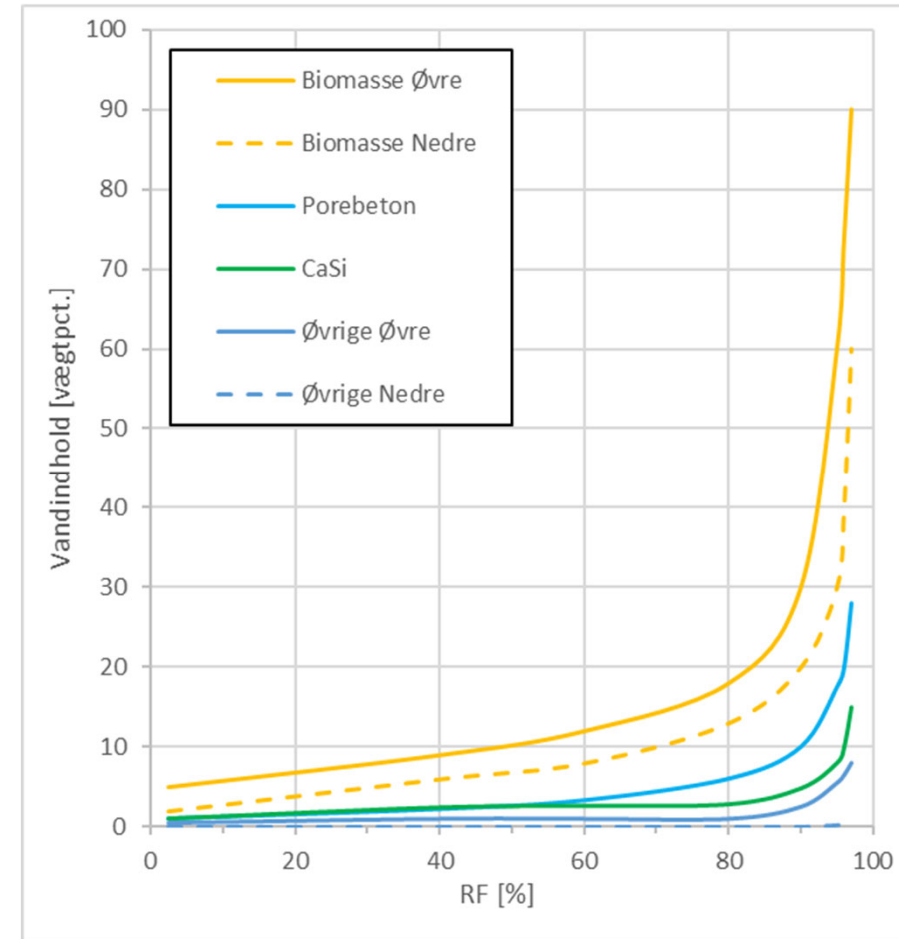
Figur 4.5: Antal timer over 27°C i soveværelse med variation af indervægge.

Fugt

- Diffusion
 - Vanddamppermeabilitet / Vanddampmodstand
- Konvektion
- Fugtkapacitet
 - Sorptionskurve
- Kapillarsugning
 - Korttidsvandabsorption
 - Langtidsvandabsorption

25-11-2025

Kilde: SBi-anvisning 280 om isoleringsmaterialer, BUILD



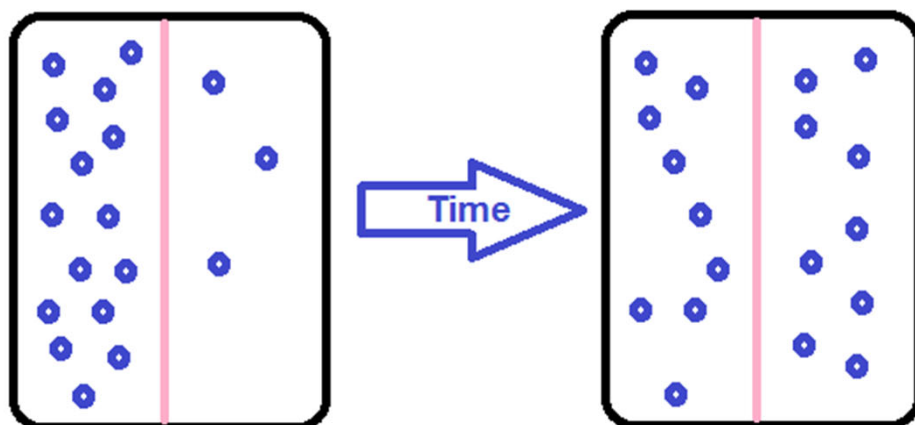
FIGUR 1. Skitserede sorptionsisotemer for isoleringsmaterialer ved 20 °C. For isoleringsmaterialer baseret på biomasse (papir, træfibre, halm, hør mv.) kan sorptionsisotermen forventes at ligge mellem de to gule kurver, porebeton følger den lyseblå kurve, kalciumsilikat følger den grønne kurve (CaSi), mens øvrige isoleringsmaterialer (plastbaserede og mineralske, baseret på mineraluld, letklinker, perlite mv.) kan forventes at ligge mellem de to blå kurver nederst i figuren. Et højt vandindhold ved en given RF er udtryk for en stor fugtbindingsevne.

Fugt - μ -værdi

diffusionsmodstandsfaktor [-]

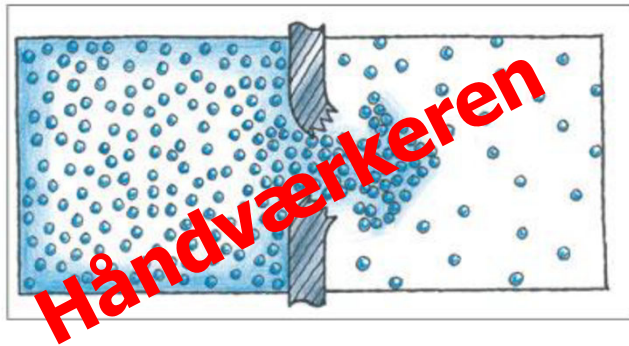
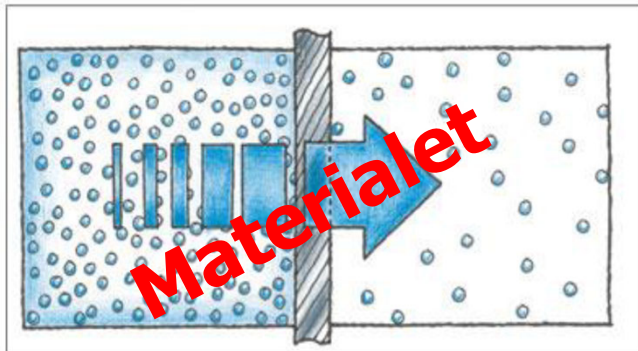
Tommelfingerregel:

$$Z = \mu * \text{tykkelse} * 5$$

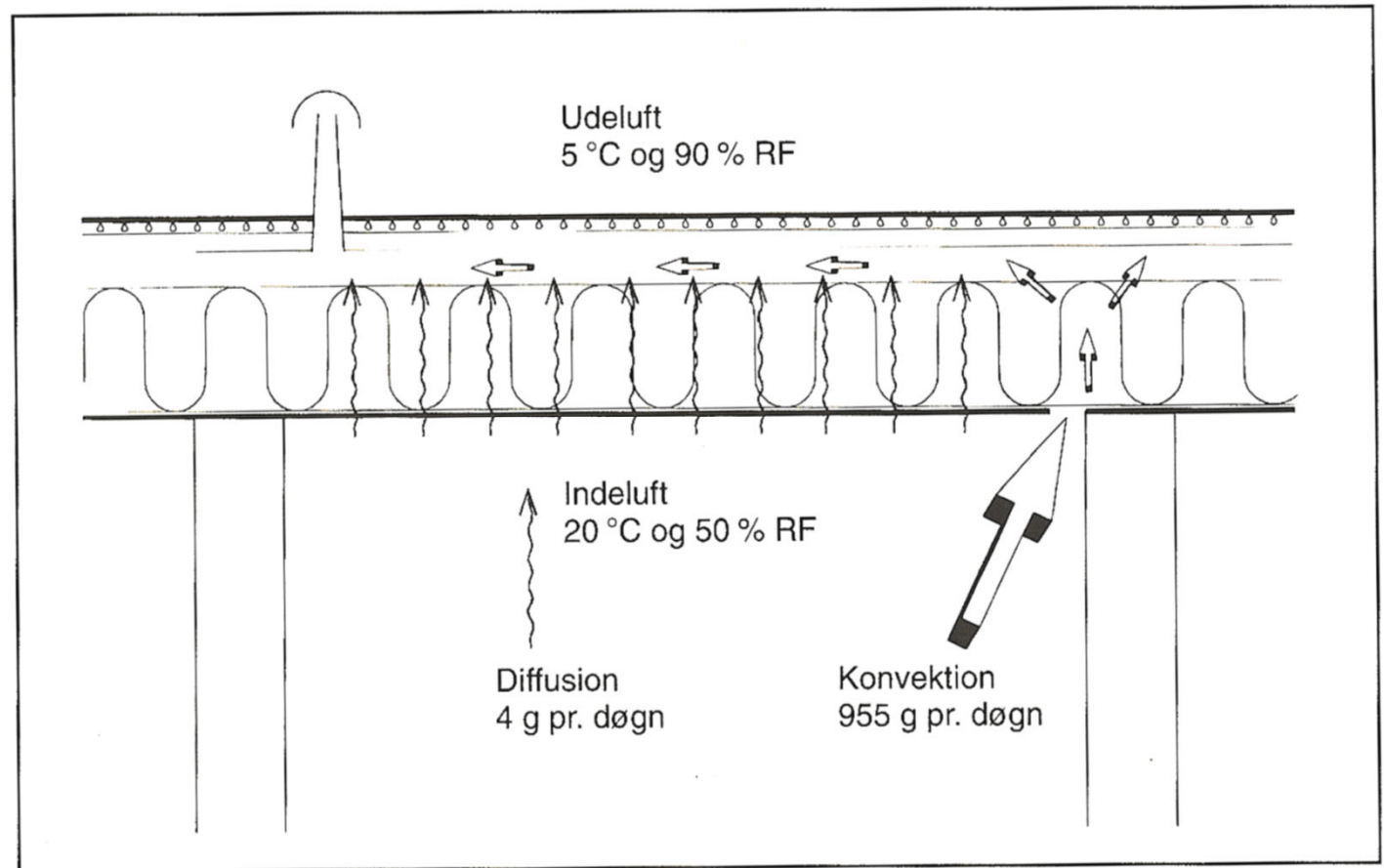


• Mineraluld	1
• Træfiber, måtte	1,5 – 5
• Træfiber, løsfyld	1 – 2
• Papir, løsfyld	1 – 3
• Halm, hør, græs	1 – 2 (græs 4)
• EPS, plade	20 – 100
• XPS	125 – 150
• PIR	–
• PUR	–
• Fenolskum	–
• Vakuum isolering	∞
• Celleglas	∞
• Perlite	1 – 4

Diffusion vs konvektion

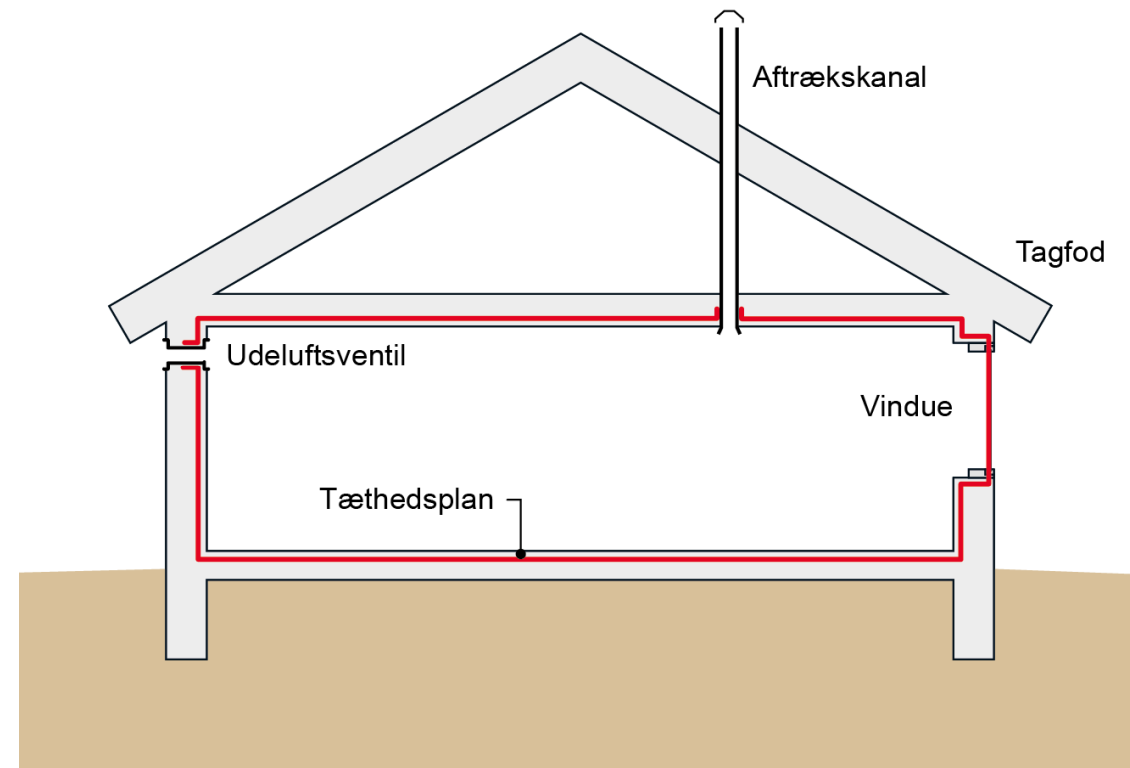


Det er forudsat at loftet er 20 m^2 , Z-værdien af dampspærren er 250, at spalten er 1 mm bred og 1 m lang, der er 6 m til loft og vindhastigheden er 6 m/s.



Tæthedspan

- Ofte lig dampspærreplan
 - Anbefales på varm side af isolering, da begrænser konvektion
- Kan også være andet
 - Gipsplader
 - OSB-plader (ikke alle)
- Materialer og samlinger skal være lufttætte





25-11-2025

Mod beton

Fælles for løsninger mod beton(dæk) er, at betonen skal rengøres og primes, for at sikre effektiv fastgørelse med klæber eller tape.

Husk detaljer ved vægge, søjler etc. – de skal projekteres!

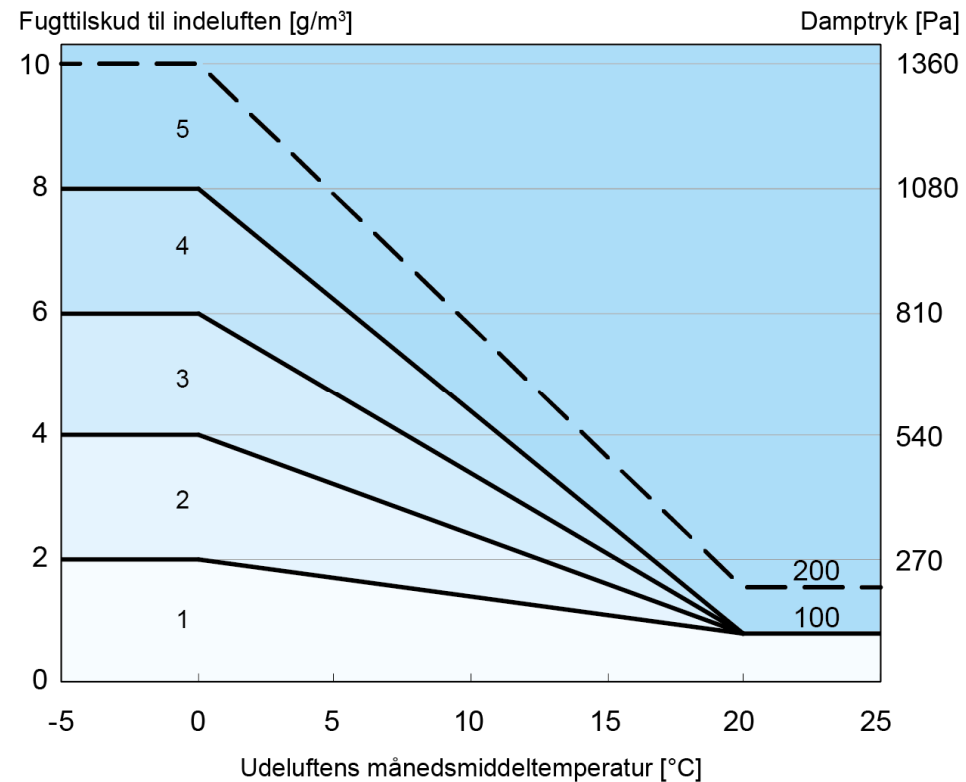




25-11-2025

Dampspærre (og tæthedspan)

- Fugtbelastningsklasse, generelt
 - 1:10 forhold
vindspærre : dampspærre
- Fugtbelastningsklasse 1-2
 - 1:5 forhold, hvis udført fugtteknisk vurdering af aktuelle konstruktion
- Systemløsninger skal vindspærre og dampspærre i system anvendes



Dampbremser og –spærrer (Z-værdier)

Dampbremser 10-50 GPa s m²/kg

- OSB 3 plader, 15 mm: 12 GPa s m²/kg (wet)
- OSB 4 plader, 15 mm: 15 GPa s m²/kg (wet)
- Krydsfiner, 18 mm: 6,6 GPa s m²/kg (wet)
- Krydsfiner, 18 mm: 18,7 GPa s m²/kg (dry)

- Dampbremse banevarer
28-36,2 GPa s m²/kg
- Fugtadaptiv dampbremse
2,28-22,8 GPa s m²/kg

Dampspærrer >50 GPa s m²/kg

- PE-folie 500 GPa s m²/kg
- Armerede dampspærre >100 GPa s m²/kg

Tilbehør:

Tape

Folieklæber



Foto: ProClima

OSB (og utæthed)



- Selv de bedste OSB-plader er ikke helt tætte.
- Der kan måles luftflow på ca. 0,023 l/s pr. m² OSB plade
- I eksemplet her måles 2,5 l/s pr. m² OSB-plade, dvs. med den valgte plade vil et byggeri med OSB plade som 'luftspærre' end ikke kunne bestå kravet for almindelige bygninger.



Luftpermeabilitet

Luftpermeabilitet for plader i
lufttæthedspan:

Anbefales omkring $0,12 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$

Egger OSB 4 TOP

Therefore, Holzforschung Austria recommends:

“As a rule, carpenters who aren’t sure should give preference to OSB manufacturers who can provide reliable data concerning the air permeability of their products.”

Source: Holzbau – die neue quadriga 4/2017, p. 17 ff.

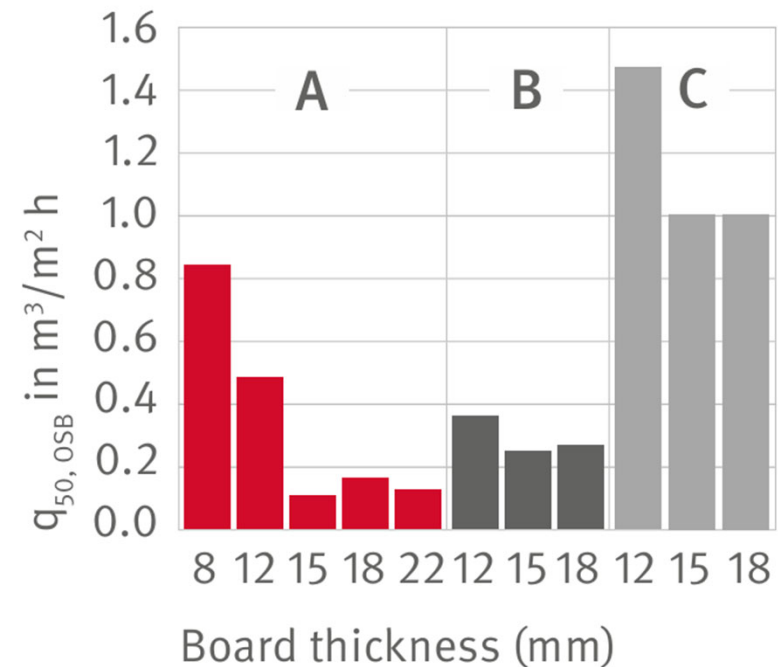
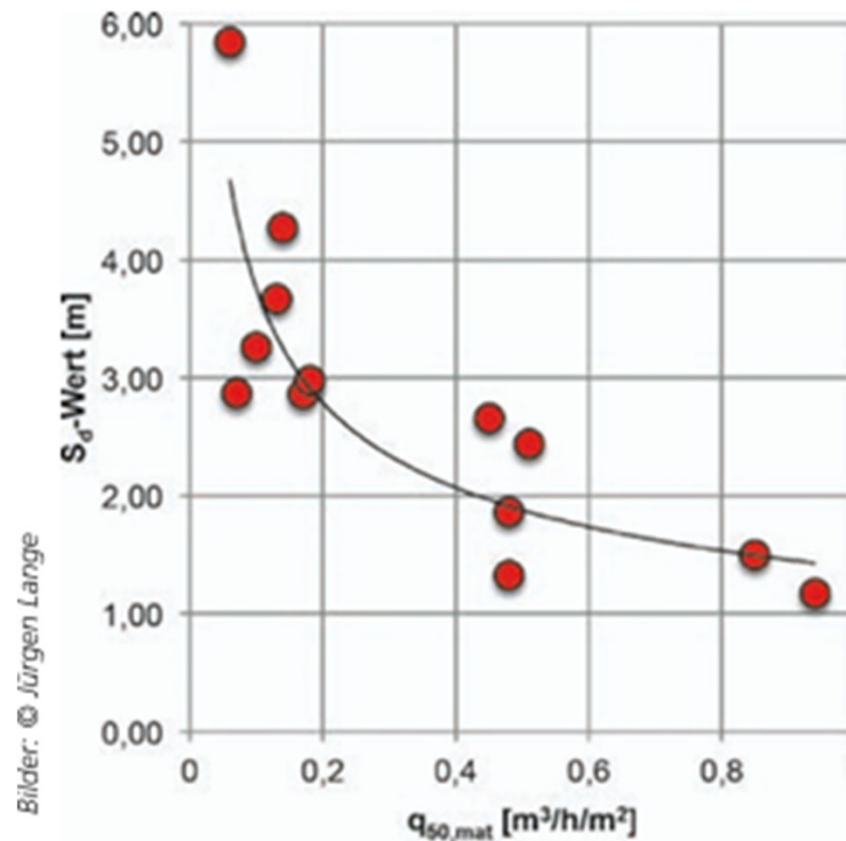


Fig. 1: Air permeability of raw OSB
from various manufacturers (A, B, C)
at 50 Pa pressure difference

Fugtmodstand vs Lufttæthed



Kilde: Luftdurchlässigkeit von Grobspanplatten, der bauschaden, Juni / Juli 2019

(2) Das Diagramm zeigt die S_d -Werte in Abhängigkeit von der Luftdurchlässigkeit

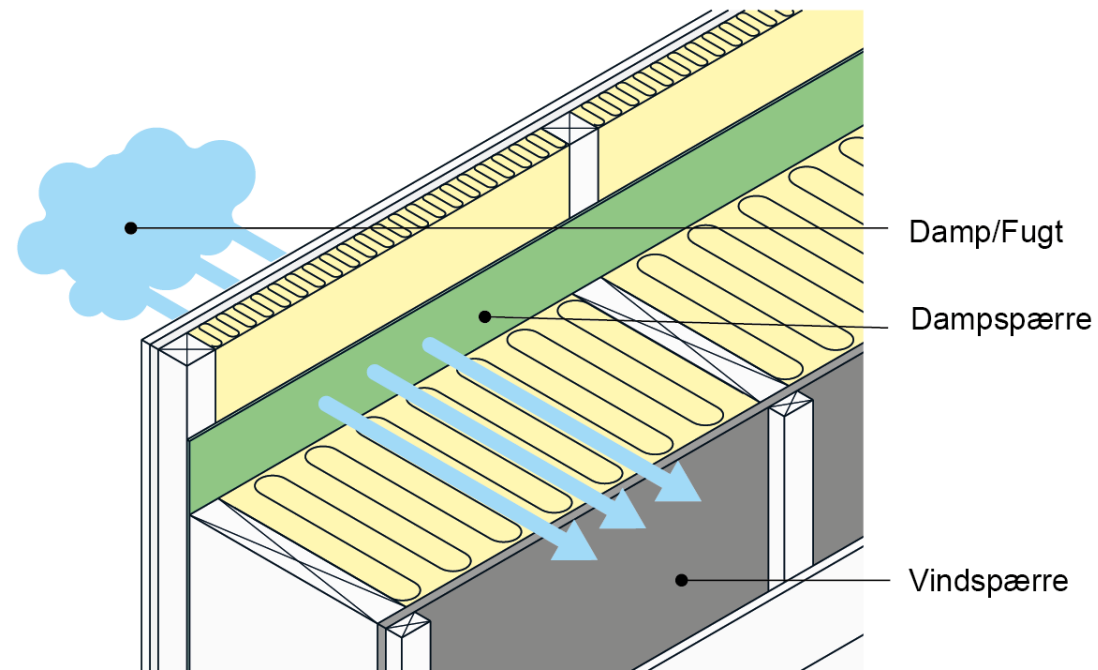
Vindspærre

- Undgå luftstrømning i isolering, og dermed nedsætte isoleringsevne

Materialer

- Banevarer fx asfaltpap
- Fast materiale fx plader
- Isoleringsplader (vindtæt)
- Ingen vindspærre fx tage

Materiale [SBI-anv. 279, tabel 2]	Typisk Z-værdi (GPa s m ² /kg)
Let asfaltpap (vindpap)	3-8
12 mm asfaltimprægneret træfiberplade	1-3
9 mm glasfilt-beklædt vindgipsplade	0,5-1
8 mm fibercementplade	1-4
12 mm kalciumsilikatplade	1
10 mm cementspånplader	1-3
Kunststofmembraner	0,3-2
3 mm træfiberplade	1-3

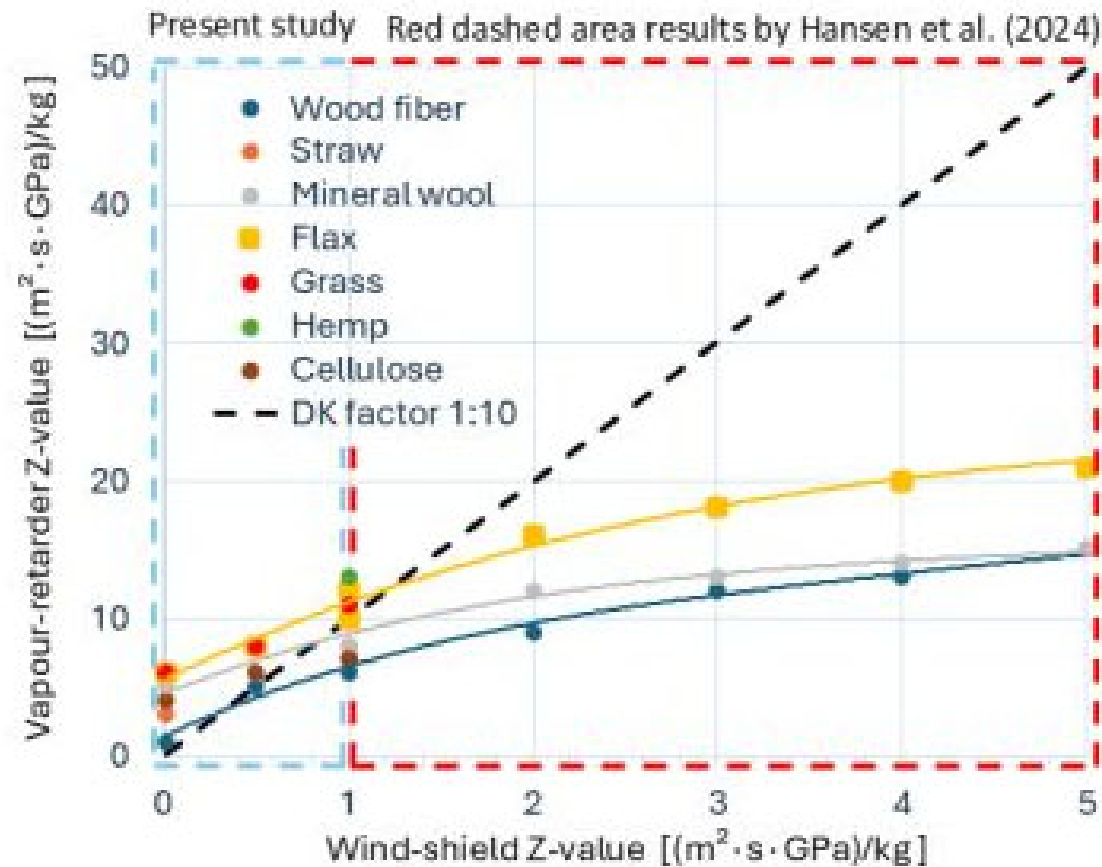


Vindspærre

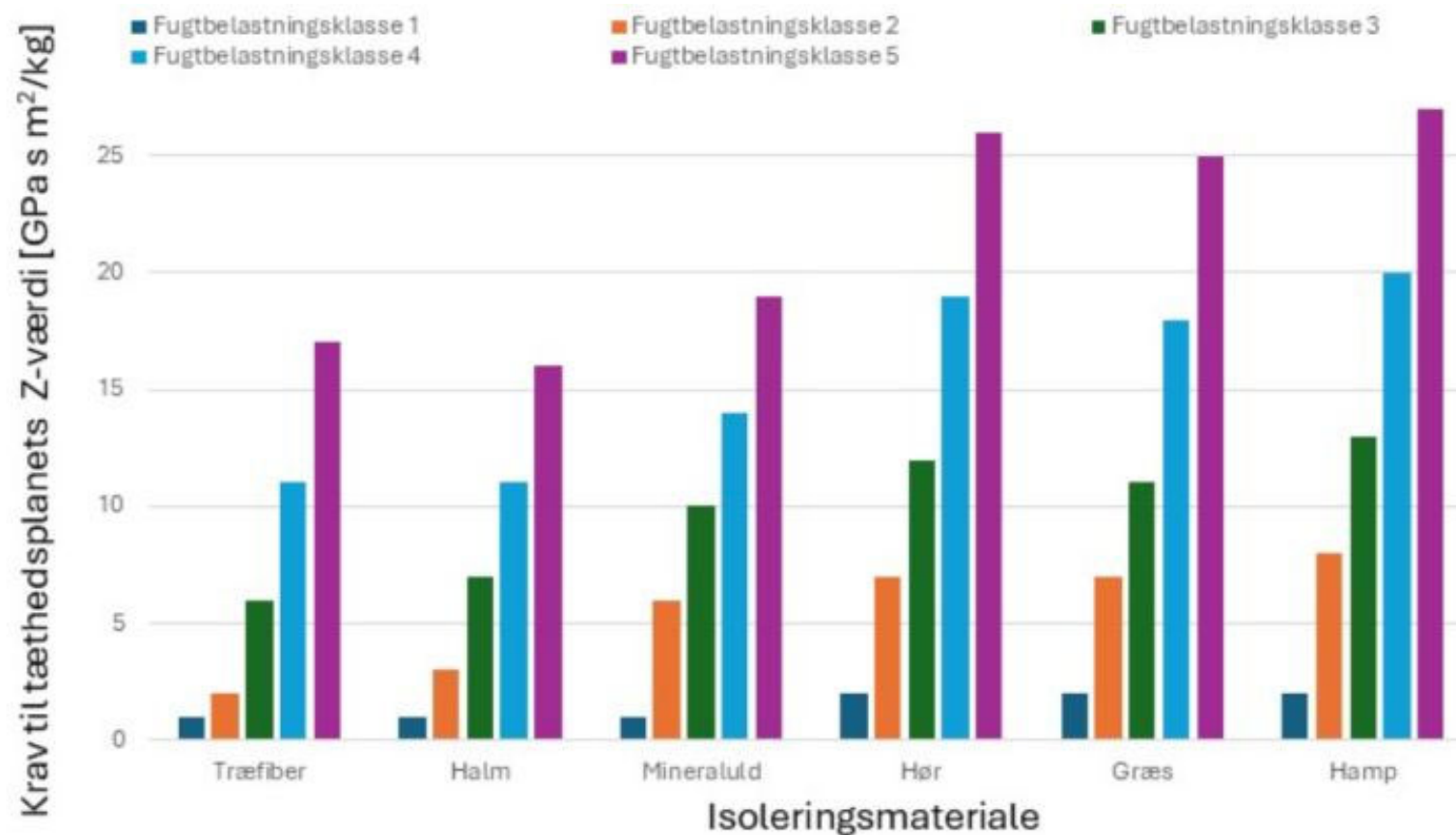
Materialer ikke i SBi-anvisning 279	Typisk Z-værdi (GPa s m ² /kg)
Rothoblaas, Traspir alu fire A2 430 (A2-s1, d0)	0,42
Constructia, Wraptite UV, (B-s2,d0)	0,3
Egger, DHF tg-4, (D-s2,d0), 15 mm	0,83
Woodfiber, SAFE (D-s2,d0), 40 mm	0,68
Gutex, Multitherm (E), 40 mm	0,83



Vindspærre vs dampspærre forhold



Betydningen af fugtbelastningsklasse



Fugtberægning

- UBAKUS – som Glaserberægning, der kun tager højde for diffusion. Regner efter tyske retningslinjer ift. opfugtning og udtørring
 - OK til indledende analyser
- Dynamiske simuleringssprogram
 - WUFI Pro
 - Delphin

Thermal protection

U = 0,121 W/(m²K)

GEG 2020/24 Bestand*: U<0,24 W/(m²K)

excellent

Moisture proofing

Drying reserve: 3239 g/m²a
No condensate

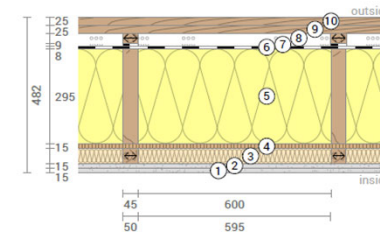
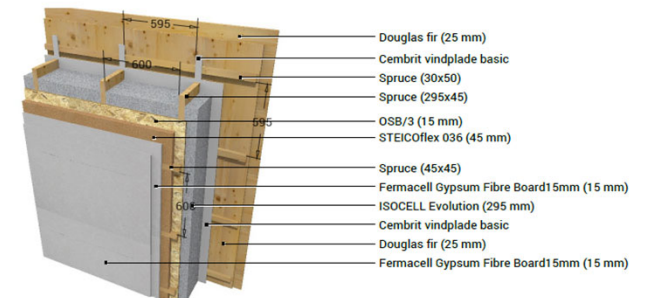
excellent

Heat protection

Temperature amplitude damping: >100
phase shift: non relevant
Thermal capacity inside: 76 kJ/m²K

excellent

insufficient insufficient insufficient



- ① Fermacell Gypsum Fibre Board15mm (15 mm)
- ② Fermacell Gypsum Fibre Board15mm (15 mm)
- ③ STEICOflex 036 (45 mm)
- ④ OSB/3 (15 mm)
- ⑤ ISOCELL Evolution (295 mm)
- ⑥ Cembrit vindplade basic
- ⑦ Rear ventilated level (9 mm)
- ⑧ Rear ventilated level (30 mm)
- ⑨ Douglas fir (25 mm)
- ⑩ Douglas fir (25 mm)

<-> Layers marked by arrows are perpendicular to the main axis.

Inside air : 20,0°C / 50%
 Outside air: -5,0°C / 80%
 Surface temperature.: 19,5°C / -4,9°C

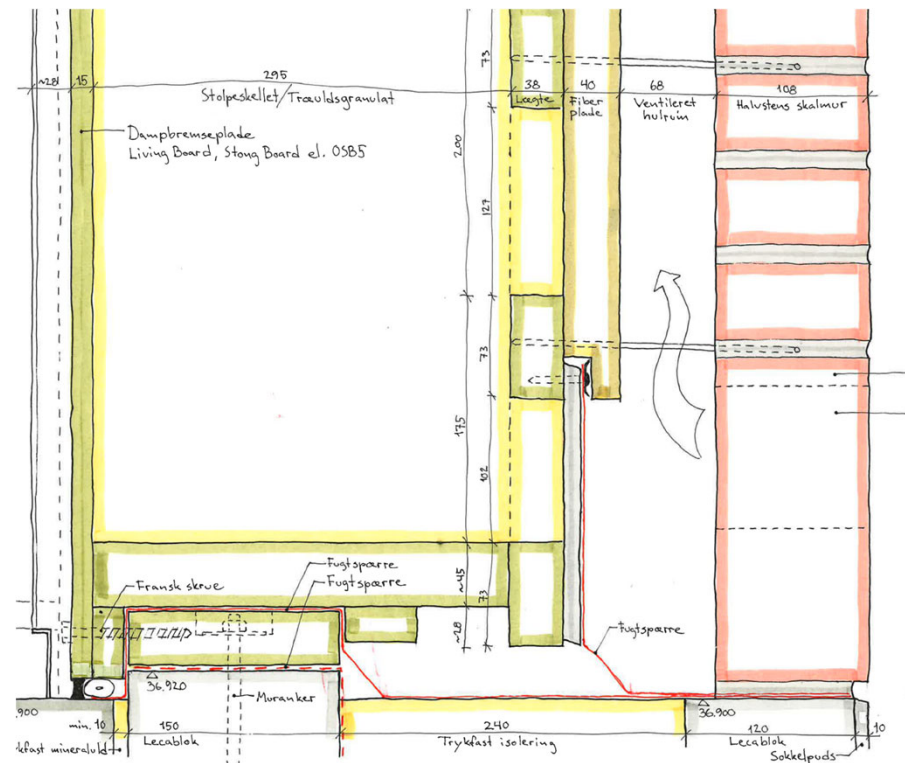
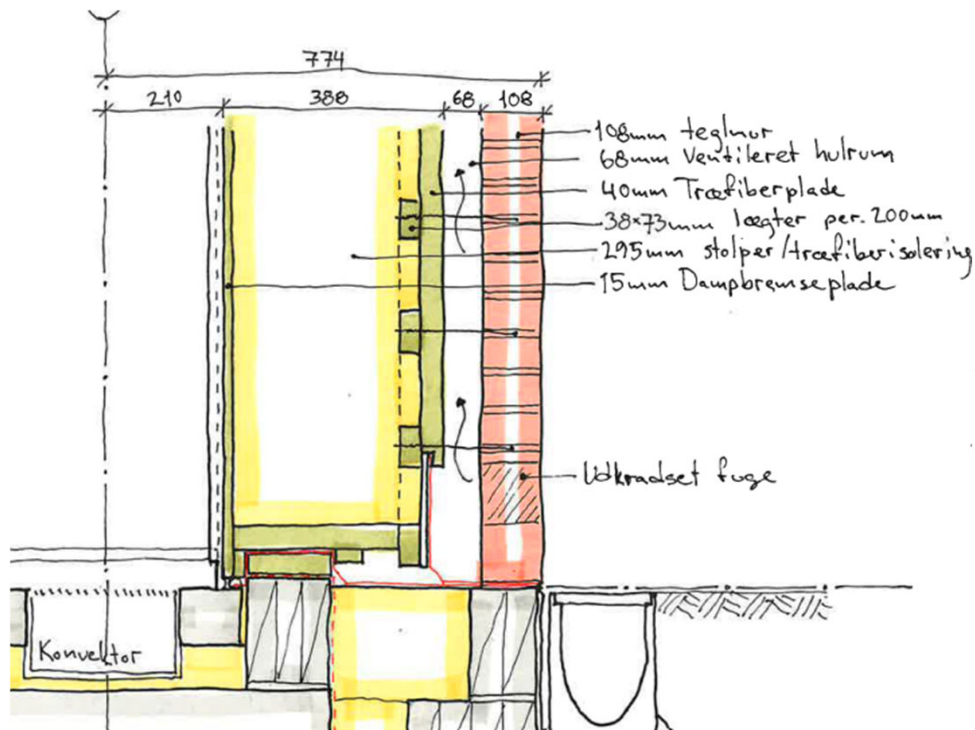
sd-value: 4,1 m
 Drying reserve: 3239 g/m²a

Thickness: 48,2 cm
 Weight: 113 kg/m²
 Heat capacity: 120 kJ/m²K

GEG 2020/24 Bestand BEG Einzelmaßn. GEG 2023/24 Neubau DIN 4108

*Comparison of the U-value with den Höchstwerten aus GEG Anlage 7 (GEG 2020-2024 Bestand); den techn. Mindestanforderungen für BEG Einzelmaßnahmen; 70% des U-Werts der Referenzausführung aus GEG 2023/2024 Anlage 1 (GEG Neubau); den R-Werten aus DIN 4108-2 Tabelle 3

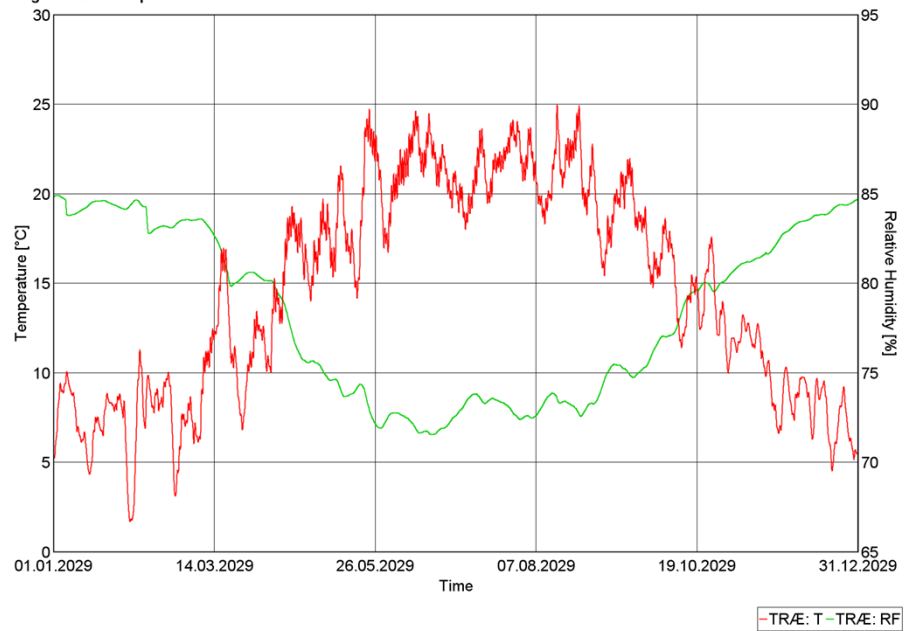
Skeletvæg med murværk



Fugt i binderplan

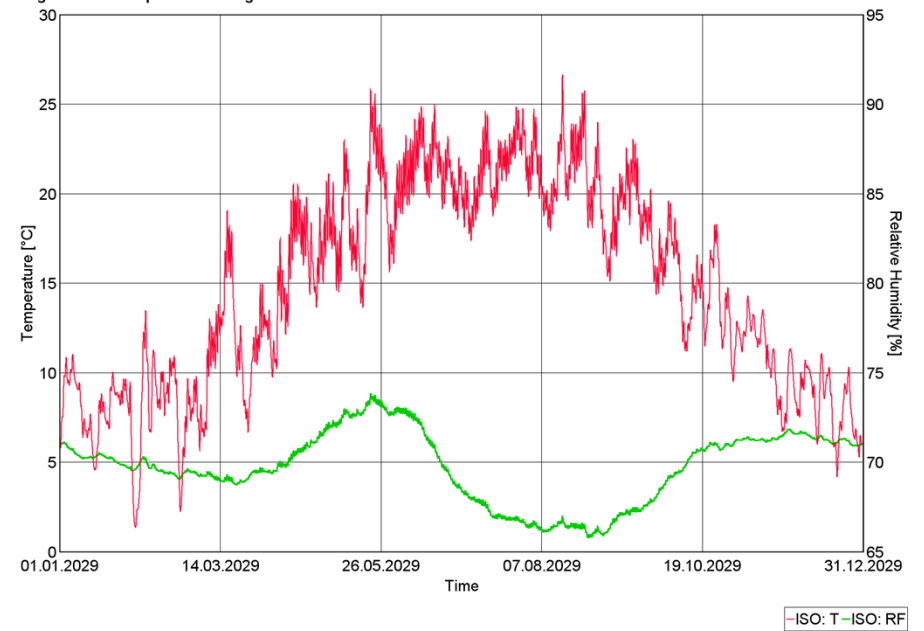
Trælægter

Bagside af binderplan - træsnit

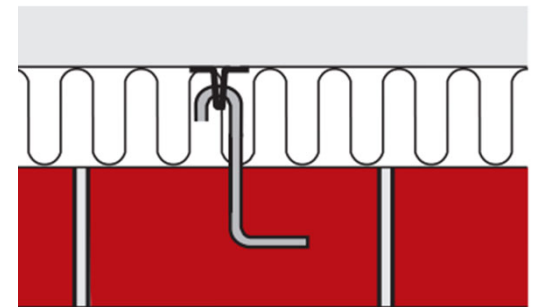
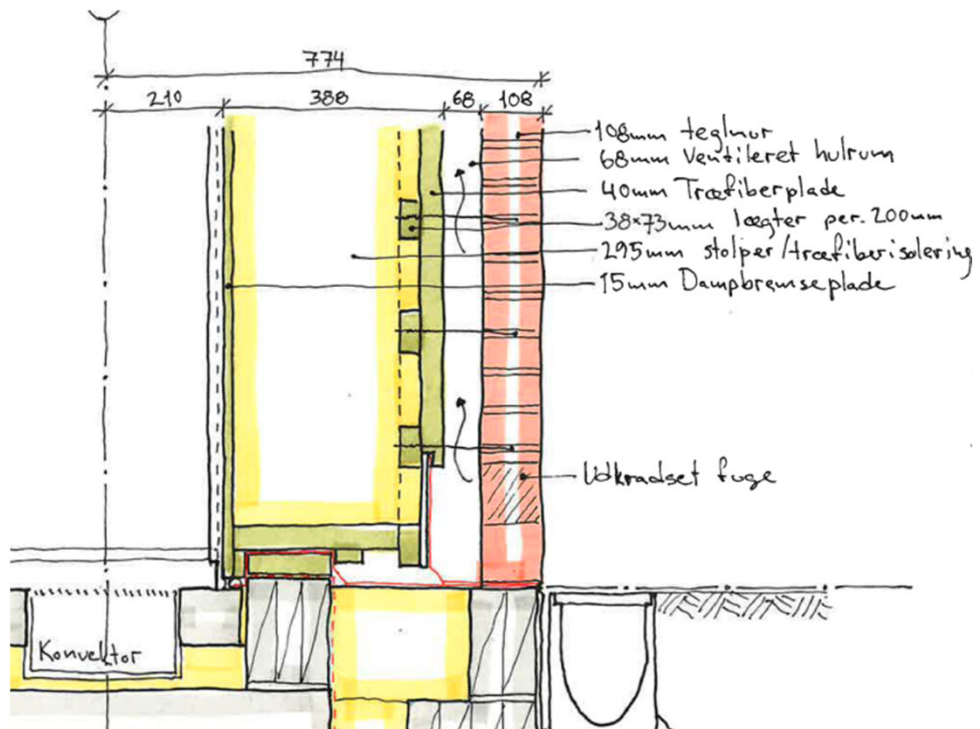


Isolering

Bagside af binderplan - isoleringsnit



Løsning



Projektering

Fugtberregning når:

- Fugtbelastningsklasse >2
- Z-forhold $< 1:10$ (vs:ds)
- Dampbremse og vindspærre med Z-værdi > 1
- Biogent isolering og skimmelfølsom vindspærre
- Ukendte materialer og/eller kombinationer
- Fugtadaptive membraner



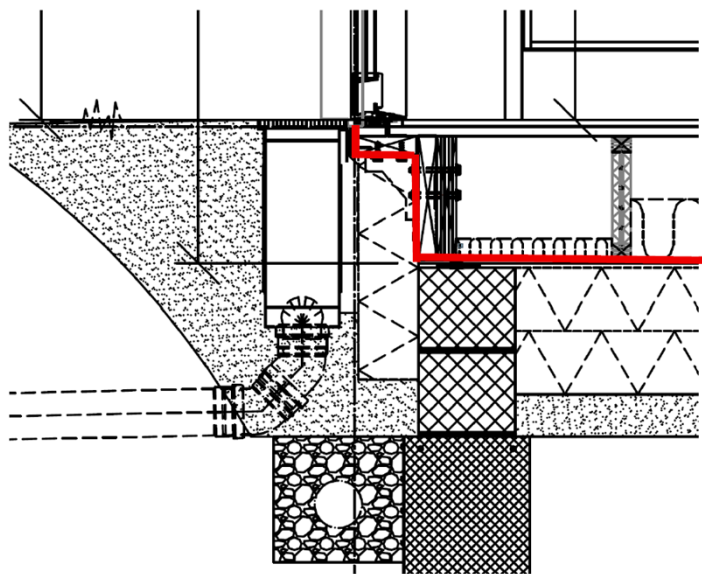
Foto: Allan S. Nielsen fra 24-7 øst ApS

Træbaserede terraændæk

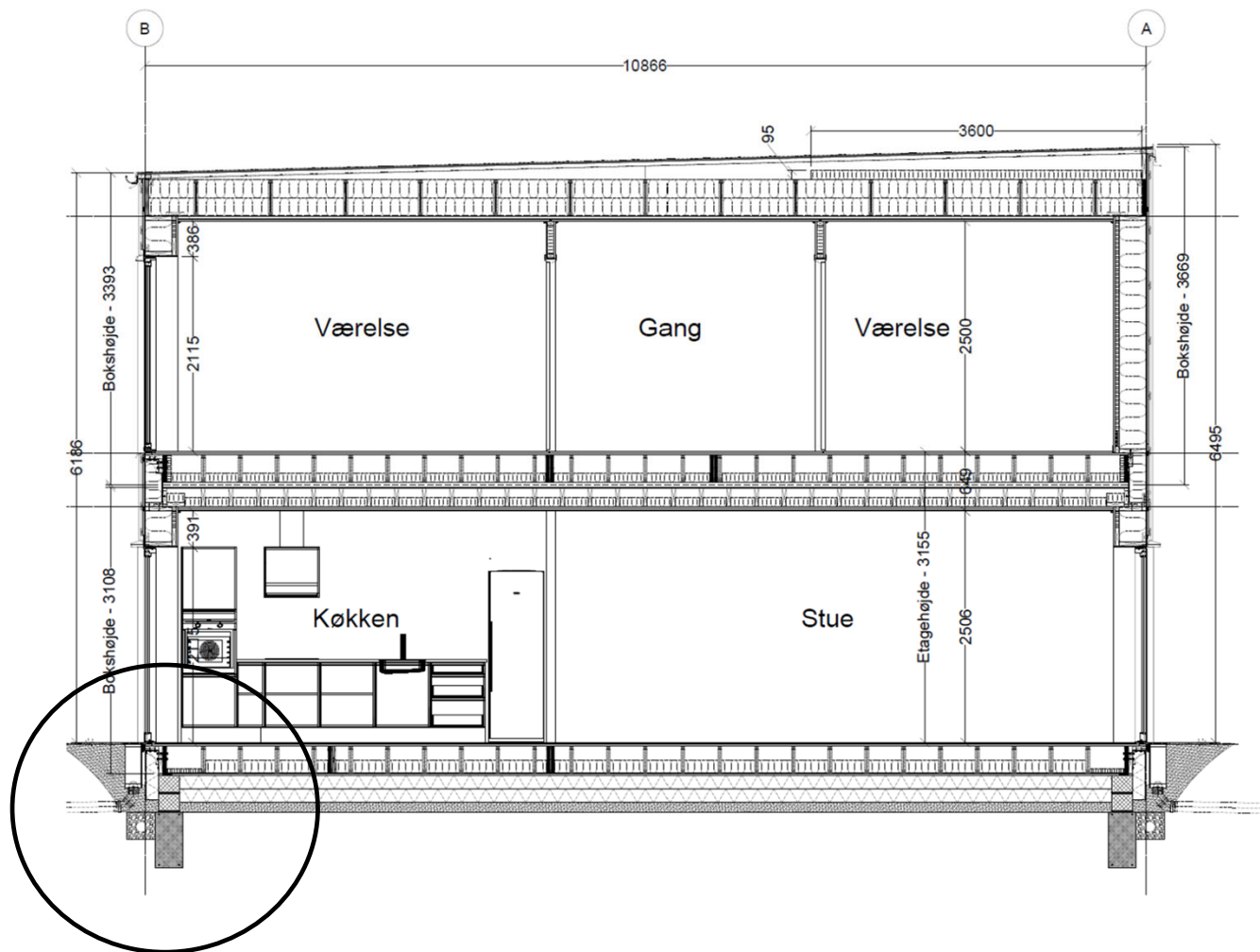
- Boksmodul case



- Dæk 40 cm under terræn



Snit i sokkelløsning med radonspærre indtegnet.



Tilslutning til drænrør og terræn



Byggeperiode

- Vandtryk direkte på sokler
- Dræn ikke tilsluttet men er udført



Nuværende forhold



Anbefalinger

- De fleste isoleringsmaterialer kan udskiftes 1:1 uden fugtproblemer
- Vindspærre og dampspærre skal passe sammen fx dampbremse kræver mere åbne vindspærre
- Træbaserede dækkonstruktioner skal have etableret dræn fra start eller placeres højt i terræn
- I tvivlstilfælde så få udført en fugtberegning

25-11-2025

