

Fugtforhold og tæthedsplan opbygning af ydervægge og tag, Z-værdier mv.

Træinformation: Fugt i træ og bygninger

v. Martin Morelli
23. & 24. april 2025



Klimaskærmens funktioner

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



Lagdelt konstruktion

Vindspærre

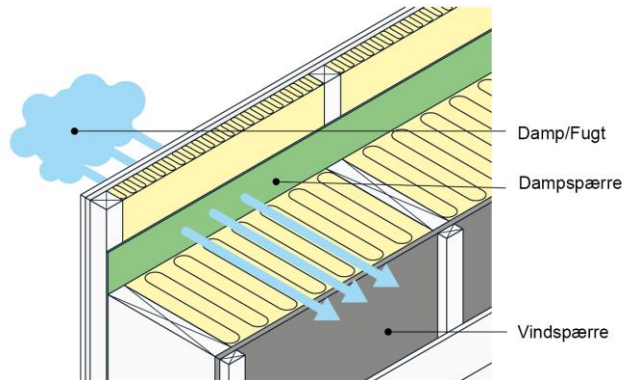
- Undgå luftstrømning i isolering, og dermed nedsætte isoleringsevne
- Håndtere mindre mængder vand

Materialer

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

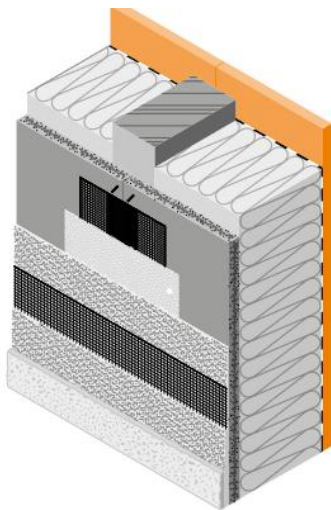
23-04-2025

Materiale [SBI-anv. 279, tabel 2]	Typisk Z-værdi (GPa s m ² /kg)
Let asfaltpap (vindpap)	3-8
12 mm asfaltimpregneret 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

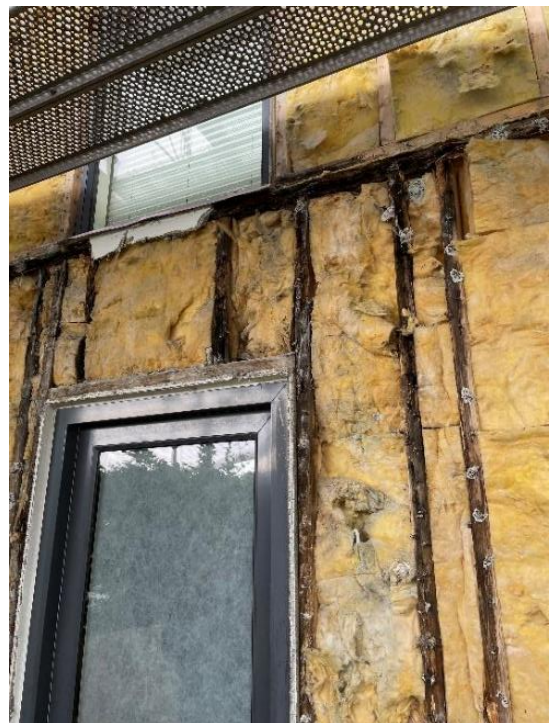
BUNCH
BYGNINGSFYSIK

3

Puds på uventileret plade

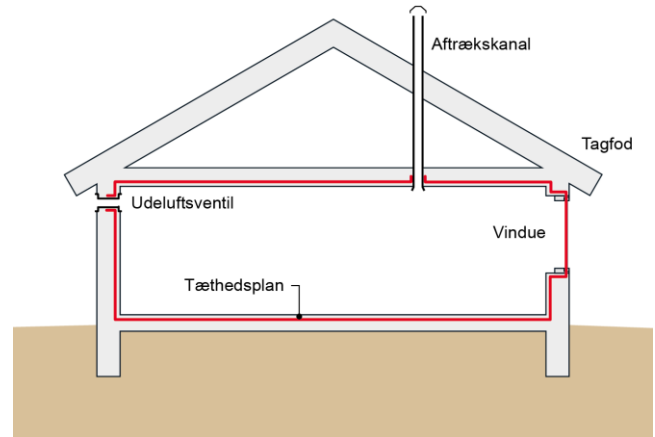


23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

Tæthedsplan

- Ofte lig dampspærreplan
 - Anbefales på varm side af isolering, da begrænser konvektion
- Kan være fx
 - Plastfolier (dampspærre)
 - Papirfolier (dampbremse)
 - OSB-plader 3 og 4
- Materialer og samlinger skal være lufttætte



23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

5



23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

6

Træplader

se også Træ 60

EGGER OSB 3

Materialfeuchte bei freier Wassersättigung: 44,4%

Pladetype, 15 mm	Z-værdi, $\text{GPa s m}^2/\text{kg}$
DHF, Egger (wet) [vindspærre]	0,89
OSB 3, Egger (wet)	12,8
OSB 4, 15 mm Egger (wet)	15
Krydsfiner, EN 13986 (wet)	5,7
Krydsfiner, EN 13986 (dry)	16,2
Dampbremse, ØKO-natur	36,1
PE-folie	450

Tabelle 1: Sorptionsfeuchte bei 20°C

Luftfeuchtigkeit	0%	30%	50%	65%	80%	95%	100%
Sorptionsfeuchte	0	5,8	7,5	9	13,8	26,2	32

Tabelle 2: μ -Werte in Abhängigkeit von Luft-/ Materialfeuchte mit 600 kg/m^3 Rohdichte

Luftfeuchtigkeit	16%	26%	53%	73%
μ -Wert 23-04-2025	231	227	164	152

7

Dampspærre

(og tæthedsplan)

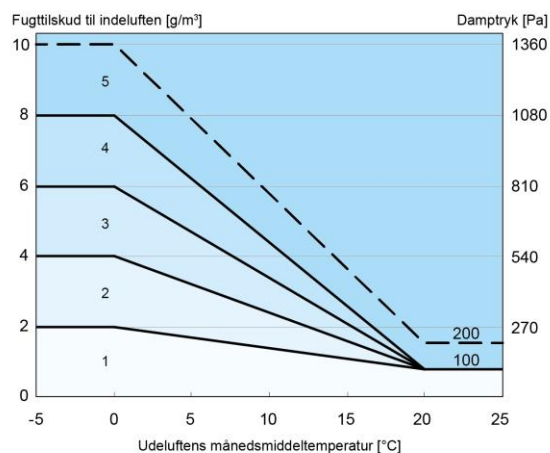
▪ Fugtbelastningsklasse, generelt

- 1:10 forhold
vindspærre : dampspærre
- Dampspærre placeret 1/3 inde i isolering.

▪ Fugtbelastningsklasse 1-2

- 1:5 forhold, hvis udført fugttechnisk vurdering af aktuelle konstruktion

▪ Systemløsninger skal vindspærre og dampspærre i system anvendes



23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

8

Eksempel

Ydervæg:

Ventileret facade

9 mm vindgips

150 mm iso. kl. 37

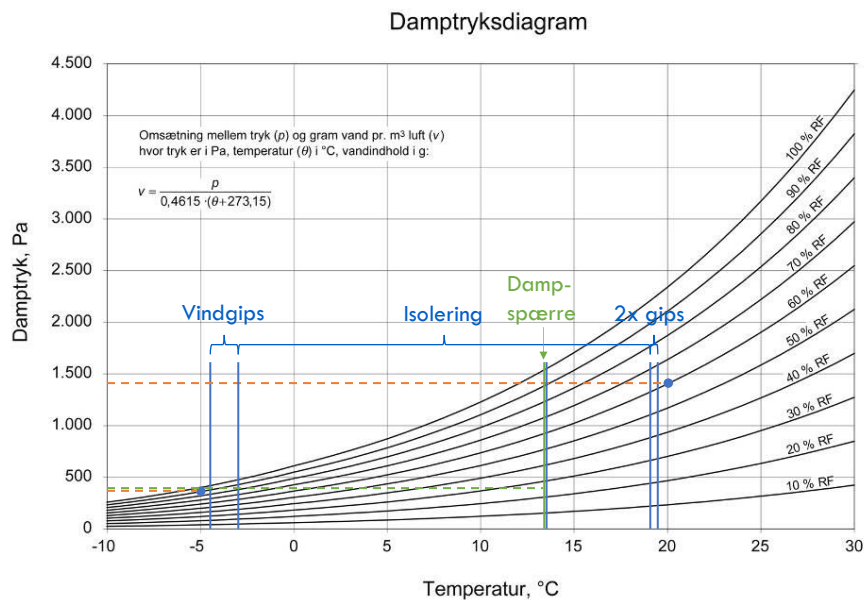
Dampspærre

50 mm iso. kl. 37

25 mm 2 lag gips

$T_{\text{inde}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{ude}} = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$



23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

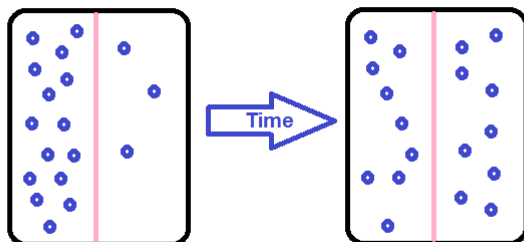
9

μ -værdi

diffusionsmodstandsfaktor [-]

Tommelfingerregel:

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



• 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

23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

10

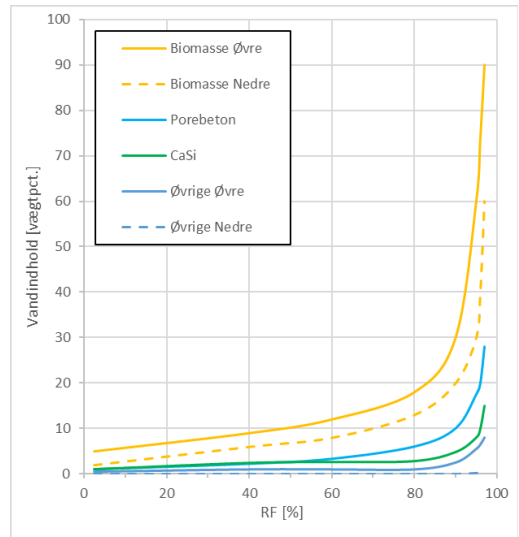
Fugt

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

23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

Kilde: Kommende SBI-anvisning om isoleringsmaterialer, BUILD

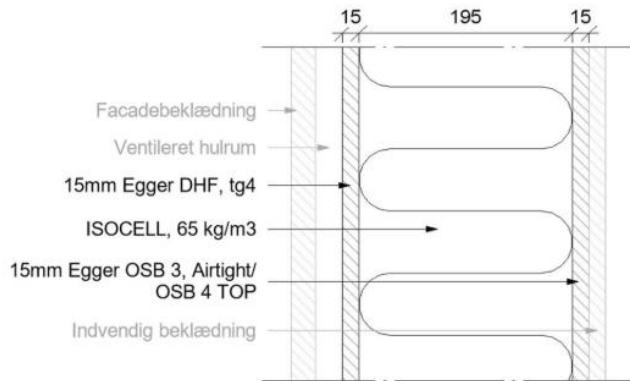


FIGUR 1. Skitserede sorptionsisotermier for isoleringsmaterialer ved 20 °C. For isoleringsmaterialer baseret på biomasse (papir, træfibre, halm, hør mv.) kan sorptionsisotermen forventes at ligge mellem de to gule kurver, porebeton følger den lyseblå kurve, kalciumsilikat følger den grønne kurve (CaSi), 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.



N+N systemvæg (REI30)

Detaljetegning



23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

Model



14

Forskning

Erfaringer fra 3-4 Master i Bygningsfysik projekter

23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

15

Dampspærre i lette ydervægge – en nødvendighed eller ej?

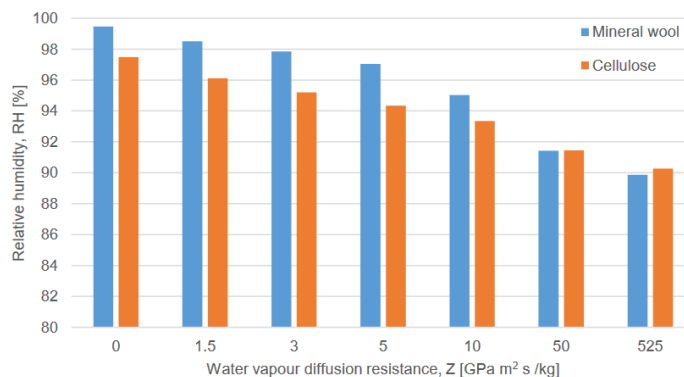
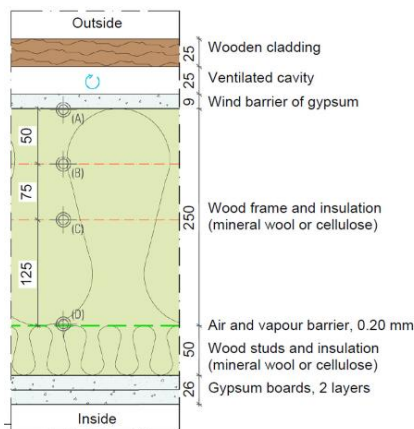


Figure 3. Maximum relative humidity in point A for internal humidity class 3.

Marcus Therkelsen:

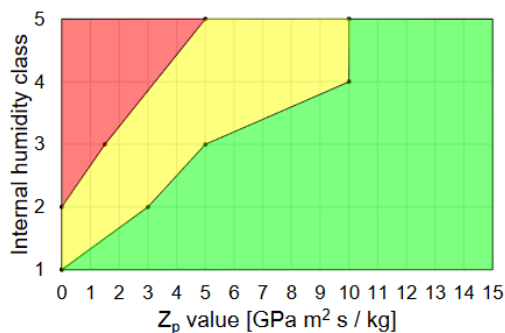
[https://projekter.aau.dk/projekter/da/studentthesis/dampspærre-i-lette-ydervægge--en-nødvendighed-eller-ej\[6f0da3a6-dd5f-41f5-9943-e7f383ed3784\].html](https://projekter.aau.dk/projekter/da/studentthesis/dampspærre-i-lette-ydervægge--en-nødvendighed-eller-ej[6f0da3a6-dd5f-41f5-9943-e7f383ed3784].html)

<https://vbn.aau.dk/da/publications/exterior-wood-frame-walls/windvapour-barrier-ratio-in-denmark>

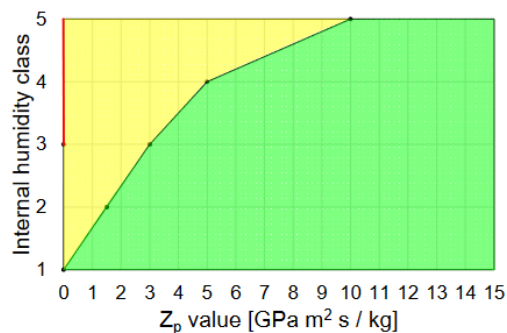
23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

16



(a)



(b)

Figure 6. Risk of mould growth on the wind barrier towards the thermal insulation for Lund climate. The wood-frame wall contains thermal insulation of (a) mineral wool and (b) cellulose. In the green area, there is no risk for mould growth ($MI \leq 2$), whereas the red area indicates a risk for mould growth ($MI > 3$). The yellow area is where further investigations must be conducted ($2 < MI \leq 3$). Z_p -values represent only the value for the vapour barrier.

23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

17

Fugttekniske krav til isoleringslag i lette ydervægge uden dampspærre: Parameterstudier af **sorptionskurver** og **diffusionsmodstande** i WUFI

Konklusion:

1. Diffusionsmodstand vigtigere end sorptionskurve
2. Et samspil af flere egenskaber også varmeledningsevne

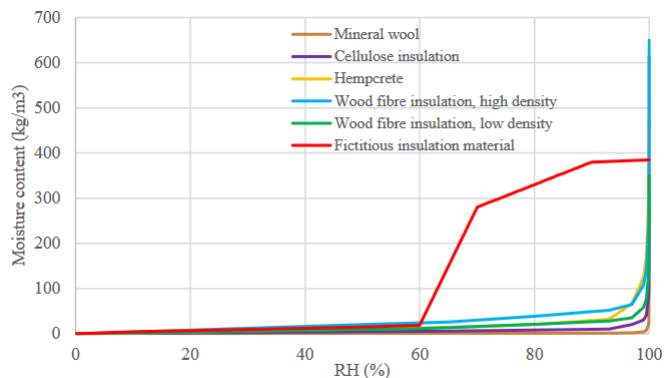


Figure 2. Moisture storage functions used in simulations.

Anna Ewa Leszmann:

[https://projekter.aau.dk/projekter/da/studentthesis/fugttekniske-krav-til-isoleringslag-i-lette-ydervægge-uden-dampspærre\(d66e90cc-8993-4933-8849-e04f6f012cbc\).html](https://projekter.aau.dk/projekter/da/studentthesis/fugttekniske-krav-til-isoleringslag-i-lette-ydervægge-uden-dampspærre(d66e90cc-8993-4933-8849-e04f6f012cbc).html)

https://prod-aauexp-cms-001-app.azurewebsites.net/media/ekfhzdj4/252_nsb_camera-ready.pdf

23-04-2025



18

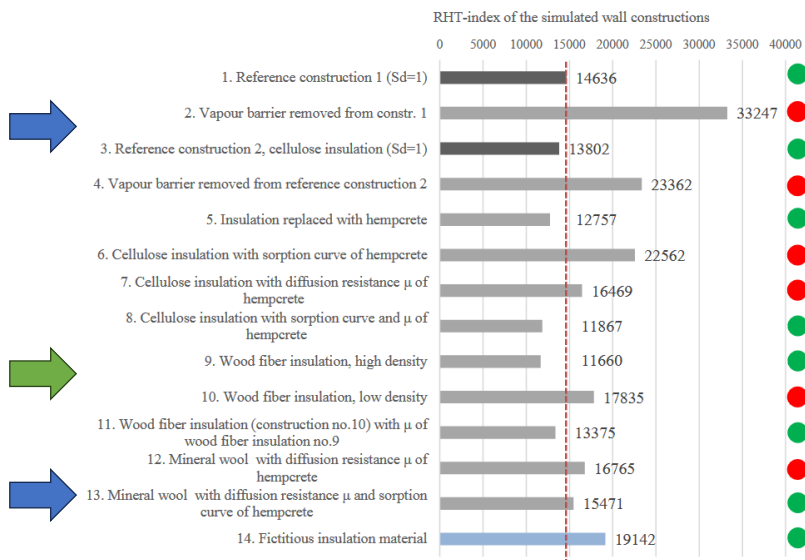
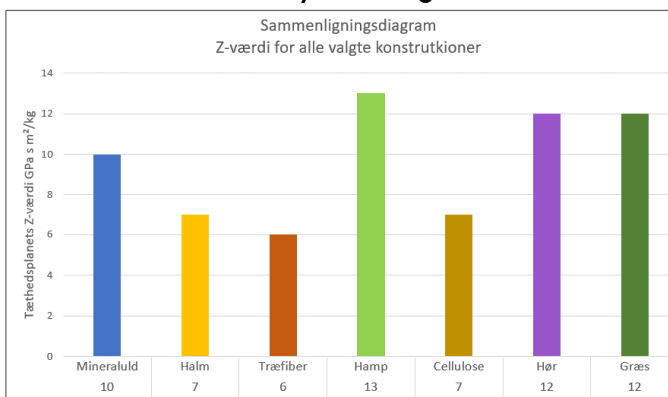


Figure 3. Summary of results; bars represent the RHT index of simulated construction. Horizontal bars exceeding the dashed line indicate that the RHT index was higher than that for the reference construction (#1) in Figure 1. Constructions 2, 4, and 5–14 (blue and light grey bars) are without a vapour barrier. In Constructions 5 to 14, modifications are only performed on the thermal insulation layer. Red dot indicates risk of mould growth for the specific construction according to Isopleth model (LIM). Green dot indicates no risk of mould growth according to LIM.

23-04-2025

19

Anvendelse af biogene isoleringsmaterialer i ydervægskonstruktioner: Fugtteknisk robust ydervægskonstruktion - Z-værdibetragtinger mellem tæthedsplanet, på den varme side af ydervægskonstruktioner og vindspærren



Figur 34 - Sammenligning af alle beregnet konstruktioner med laveste Z-værdi for tæthedsplanet, hvor konstruktionerne er fugtteknisk robust, uden risiko for skimmelvækst ud fra formler med skimmelgrænser anvendt i denne rapport. Gældende for alle konstruktioner er, at vindspærreplanets Z-værdi er 1 GPa s m²/kg, konstruktionernes U-værdi er 0,15 W/m²K samt beregnet ved fugtbelastningsklasse 3.

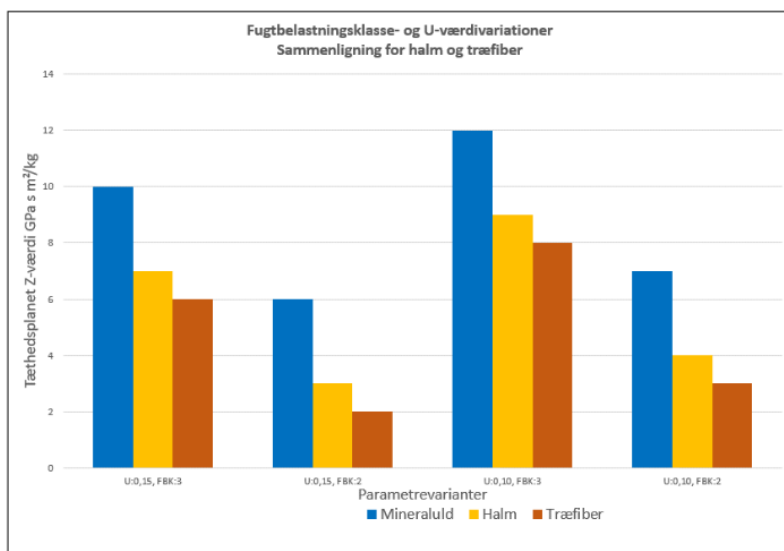
Martin Aagaard Thomsen & Søren Schaldemønn Hansen:

[https://projekter.aau.dk/projekter/da/studentthesis/anvendelse-af-biogene-isoleringsmaterialer-i-ydervægskonstruktioner\(d68f798c-4493-4a41-a1a9-3165e544752d\).html](https://projekter.aau.dk/projekter/da/studentthesis/anvendelse-af-biogene-isoleringsmaterialer-i-ydervægskonstruktioner(d68f798c-4493-4a41-a1a9-3165e544752d).html)

23-04-2025



20



Figur 37 - Sammenligning af mineraluld, halm og træfiber, for gældende minimal Z-værdi i tæthedsplanet ved konstruktioner uden risiko for skimmelvækst jf. formler anvendt i denne rapport. U:0,15 står for at konstruktionen er med en U-værdi på 0,15 W/m²K, ses ligeledes med variation med U-værdi på 0,10 W/m²K. FBK:3 står for en konstruktion anvendt ved fugtbelastningsklasse 3, ses ligeledes med variation med fugtbelastningsklasse 2.

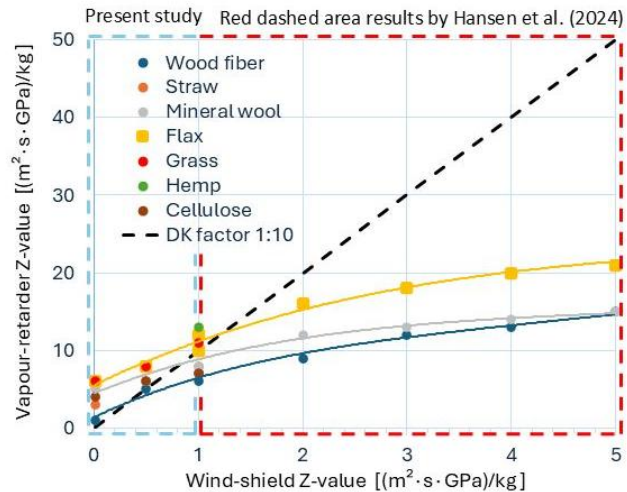
23-04-2025



21

Der er flere væsentlige resultater, omfattende:

- Tæthedsplanets nødvendige dampdiffusionsmodstand falder med vindspærrens dampdiffusionsmodstand, og nærmer sig en fast værdi, afhængigt af det anvendte isoleringsmateriale, fugtbelastningsklassen og væggens U-værdi.
- Forholdet mellem vindspærrens og tæthedsplanets dampdiffusionsmodstanden 1:10, anbefalet i danske retningslinjer er vist utilstrækkelig for konstruktioner udsat for fugtbelastningsklasse 3 med dampdiffusionsåbne vindspærre.
- Tæthedsplanets nødvendige dampdiffusionsmodstand stiger med stigende fugtbelastningsklasse.
- Tæthedsplanets nødvendige dampdiffusionsmodstand stiger med faldende U-værdi



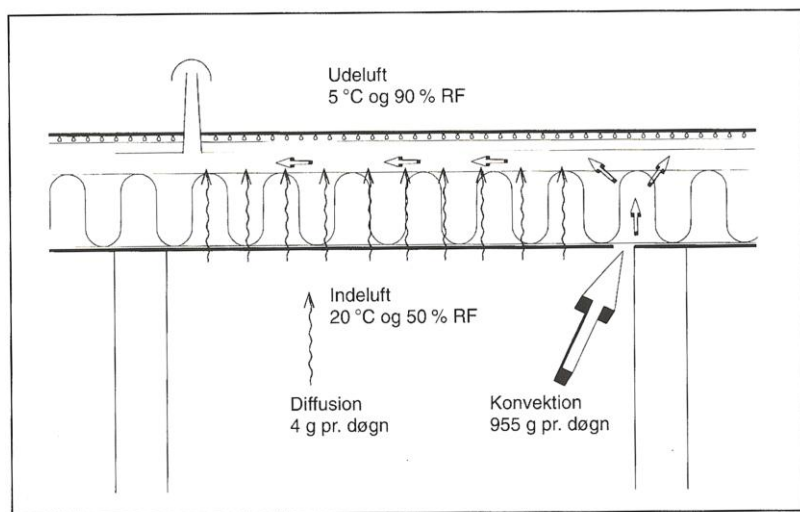
23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

22

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.



23-04-2025

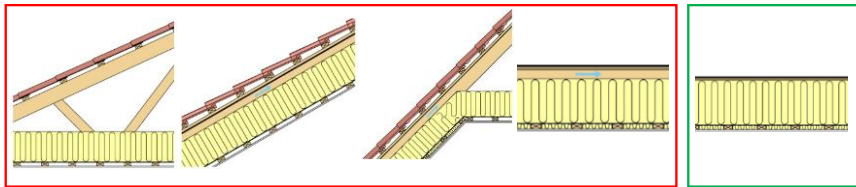
BUNCH
BYGNINGSFYSIK

23

Kolde tage

Varmeisoleringen ligger inde i konstruktionen, så dele af den bærende konstruktion af træ bliver kold om vinteren.

Tagkonstruktionen er normalt **ventileret**, men kan også være **uventileret**.
Tagdækninger kan være kontinuerte og diskontinuerte.



23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

24

Oversigt over anvendelsesområde for tagtyper afhængigt af fugtbelastningsklasse

Tag type	Kolde tage				Varme tage
Ventilationsforhold og opbygning	Uventileret m. fugtadaptiv dampspærre	Uventileret m. diffusionsåbent undertag	Ventileret m. diffusionstæt undertag	Ventileret m. diffusionstæt tagdækning	Uventileret m. isolering over konstruktion
FBK 1	+	+	+	+	+
FBK 2	+	+	+	+	+
FBK 3	(+)	+	+	+	+
FBK 4					+ ¹⁾
FBK 5					+ ¹⁾

¹⁾ I fugtbelastningsklasse (FBK) 4 og 5 skal der foretages en fugtteknisk vurdering/beregning af risikoen for fugtophobning.

23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

25

Træfiber undertag

- Organiske plader med fer-not
- Eksponering for klima
4-12 uger (producentafhængig)
- Ekstra isolering <160 mm
- Vindtæt, vandafvisende undertag under
- Diffusionsmodstand, $\mu=3-5$
- Varmeledningsevne
0,044-0,048 W/mK
- Taghældning > 16°



Kilde: Træfiber Danmark

23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

26



23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK



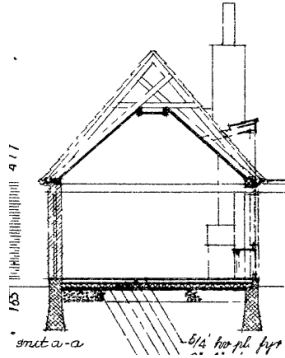
27

Gør det selv! Nedefra

- Saksespær
- Understrygning
- Isolering indefra

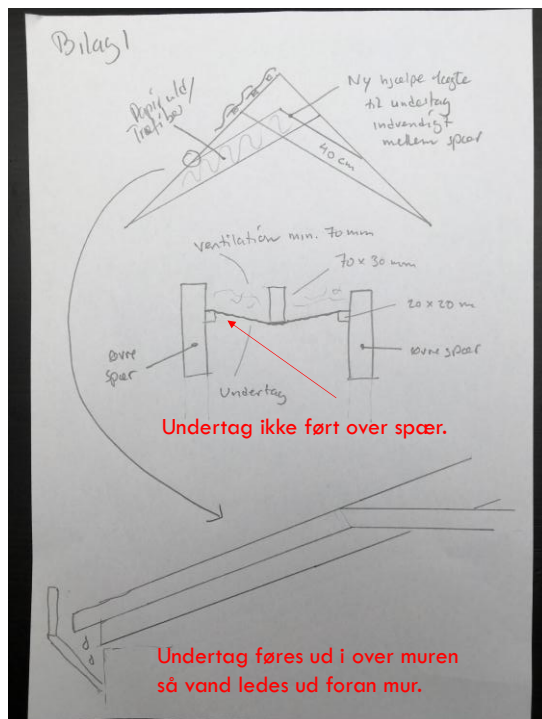
Etablering af

- Undertag banevare vs. træfiber
- Damptæthedspæn
- **Indblæst organisk isolering**

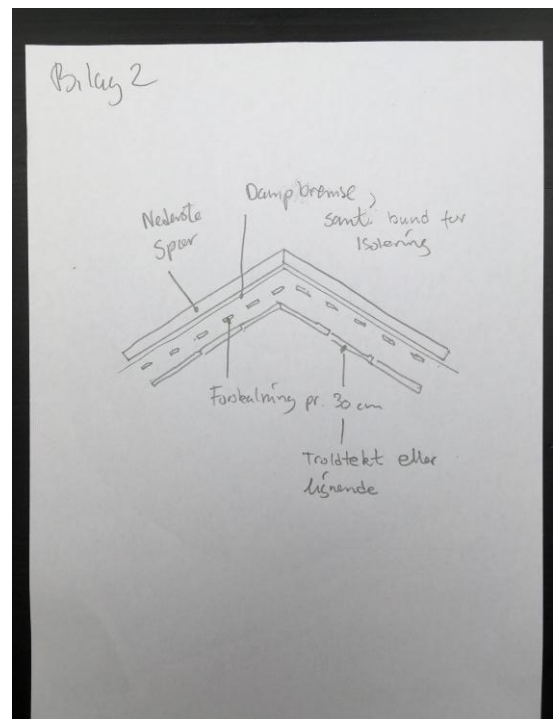


23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK



BUNCH
BYGNINGSFYSIK



Dampspærre oppefra



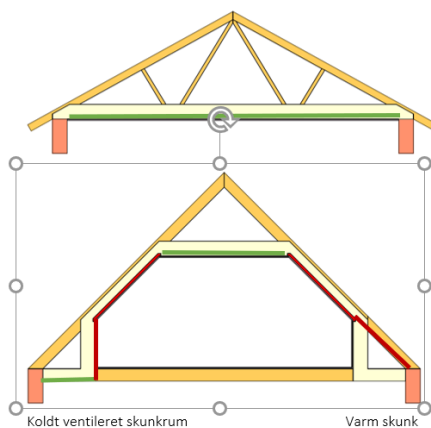
23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

0

Tag

- Papiruld - løsfyld
- Cellulosefibre - løsfyld
- Træfibre – plader
- Kan dampspærren undværes – kun i særlige tilfælde
 - Læs TræNotat 13 eller Sbi-anvisning 273, Tage



Figur 1. Loftet under gitterspærkonstruktioner med ventileret tagrum kan efterisoleres uden dampspærre når der er et lufttæt loft.

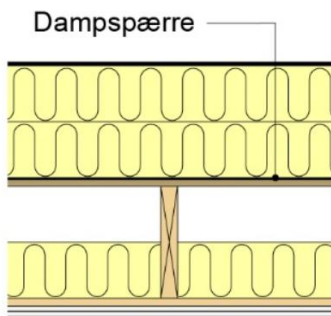
Figur 2. Loftet under hebbånd med ventileret tagrum kan efterisoleres uden dampspærre når der er et lufttæt loft. Det samme gælder loftet under ventilerede skunkrum (til venstre). Skunkvægge samt skråvægge og andre paralleltage bør altid have dampspærre.

23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

31

Varme tage med isolering delvis placeret i konstruktionen



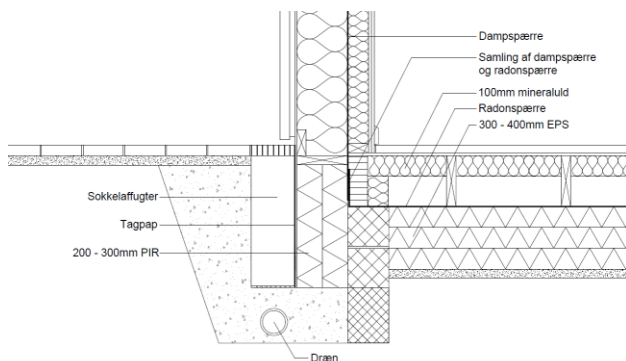
Fugtbelastningsklasse	Forhold mellem isolans hhv. over og under dampspærren
1	1:1,5
2	1,5:1
3	3:1
4	8:1
5	Beregnes

23-04-2025

32

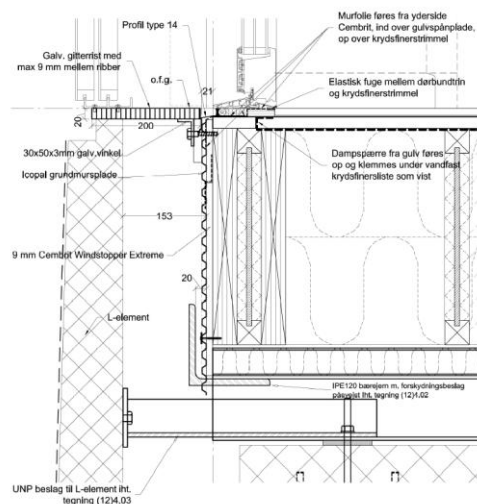
Dæk mod terræn som terrændæk og krybekælder

Boxmoduler – uden krybekælder



23-04-2025

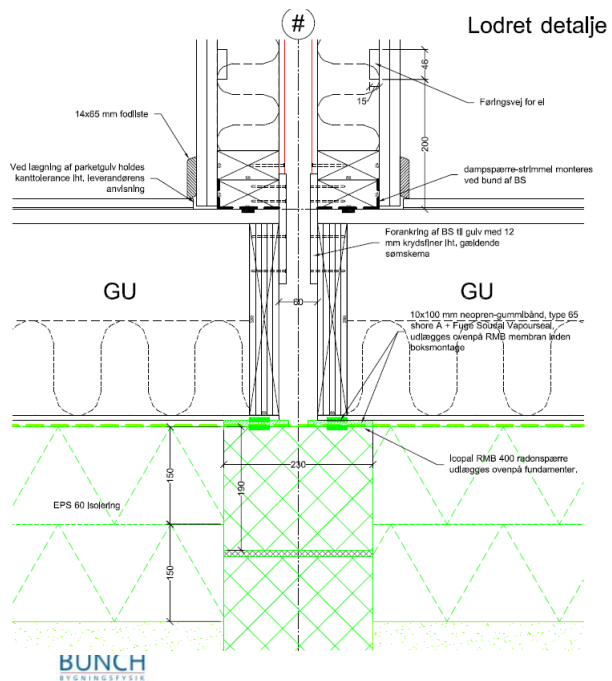
Niveaufri adgang – træ under jord
Ventileret krybekælder



33

Samling mellem dækelementer

- Kritisk punkt for at undgå fugttransport op i tagkonstruktionen.



23-04-2025

34

Krybekælder under pavillon – hvordan skifter man det?



23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

35



23-04-2025

BUNCH
BYGNINGSFYSIK

36