

# Energirigtig isolering – Indblæsning af isoleringsmaterialer



Foto: Isoleringsgruppen

© Undervisningsministeriet. Oktober 2016. Materialet er udviklet af Efteruddannelsesudvalget for bygge/anlæg og industri i samarbejde med Jan Hyldgaard Christensen, Learnmark. Materialet kan frit kopieres med angivelse af kilde. Materialet kan frit viderebearbejdes med angivelse af følgende tekst:

”Dette materiale indeholder en bearbejdning af *Energirigtig isolering – Indblæsning af isoleringsmaterialer oktober 2016* udviklet for Undervisningsministeriet af Efteruddannelsesudvalget for bygge/anlæg og industri i samarbejde med Jan Hyldgaard Christensen, Learnmark”.



## Forord

Dette undervisningsmateriale er udviklet til brug for efteruddannelsesudvalget for bygge/anlæg og industri (BAI, [www.bai.dk](http://www.bai.dk)) med støtte fra Undervisningsministeriet. Materialet er udarbejdet for at understøtte følgende mål: 40612

Deltagerne kan ud fra kendskab til indblæsningsegnet isoleringsmaterialers egenskaber, kendskab til maskiner til indblæsning af granulat og mulighederne for energirigtig isolering i forhold til bygningsreglementets krav, medvirke til rådgivning og planlægning af isoleringsopgaver i eksisterende og nye bygninger.

Deltagerne kan betjene og vedligeholde maskiner, samt foretage korrekt valg af tilbehør. Deltagerne kan foretage løs udblæsning på åbne loftrum, samt fast indblæsning af isolering i lukkede konstruktioner i forhold til udfaldskrav, og foretage mængdeberegning af materialeforbrug, og anslået tid for udførelsen af opgaven.

Deltagerenes kendskab til byggeteknik vedr. fugt og dugpunkter, membranopbygning, U-værdiberegning og termisk kapacitet, vil medvirke til rådgivning i forhold til udførelse af sikre isoleringsløsninger som sikrer bygningskonstruktioner mod skadelig fugtophobning.

Endelig kan deltagerne planlægge og udføre arbejdet under hensyntagen til gældende regler vedr. miljø og arbejdsmiljø.

## Målgruppen

Faglærte som vil beskæftige sig med indblæsning af isolering. kan få udbytte af kurset.

## Varighed

4 dage

## Overordnet lektionsplan

- |        |                                |  |
|--------|--------------------------------|--|
| 1. dag | <b>Teori</b>                   | Materialers isoleringsegenskaber og udregning af U-værdier<br>Valg af isoleringsmaterialer til indblæsning og deres egenskaber, fordele og ulemper |
| 2. dag | <b>Praktik</b><br><b>Teori</b> | Gennemgang af indblæsningsmaskiner funktioner og vedligehold<br>Fugt og bygninger, isolering og efterisolering af bygningskonstruktioner           |
| 3. dag | <b>Teori</b><br><b>Praktik</b> | Isolering og efterisolering af bygningskonstruktioner, fortsat<br>Indblæsning i bygningskonstruktioner   |
| 4. dag | <b>Praktik</b><br><b>Teori</b> | Indblæsning i bygningskonstruktioner, fortsat<br>Eksempler på energioptimering af bygninger  |

## Kompendiet

Kompendiet kan anvendes til brug for undervisningen og desuden anvendes som opslagsbog. Udvalget takker faglærer Jan Hyldgaard Christensen, der har medvirket i udarbejdelsen af dette materiale. Herudover takker vi branchen for ideer til og konstruktiv kritik af materialet.



## Indhold

Fra varmeteori til U-værdi .....	6
Indledning .....	6
Varmeteori .....	7
Varmeledningsevne, $\lambda$ .....	8
Isolans, R .....	9
Materialelag .....	9
Overgangsisolans .....	9
Transmissionskoefficient, U .....	10
Fyringssæson .....	10
Rockwool Energy Design .....	11
Graddage .....	13
Fugt og bygninger .....	14
Indledning .....	14
Fugt og varme .....	15
Fugt i luften, ude og inde .....	18
Vanddamtryk .....	18
Kondens på overflader .....	20
Fugtvandringer i bygningskonstruktioner .....	21
Sommerkondens .....	22
Fugt i byggematerialer .....	22
Kapillarsugning .....	23
Fugttransport .....	23
Fugttransport i dampform .....	23
Diffusion .....	23
Z-værdi og sd- værdi .....	25
Konvektion .....	25
Fugtbelastningsklasser .....	27
Isolering og efterisolering af bygninger .....	28
Gulvkonstruktioner .....	28
Renovering og efterisolering af gulvkonstruktion .....	29
Efterisolering af krybekælder .....	30
Vægkonstruktioner .....	31
Indvendig efterisolering af tung ydervæg .....	32



Indblæsning af isolering i hulmur .....	34
Udvendig efterisolering, tung ydervæg.....	34
Efterisolering, let ydervæg .....	35
Indvendig, efterisolering, let ydervæg .....	36
Udvendig efterisolering, let ydervæg.....	36
Sommerhuse.....	36
Tagkonstruktioner .....	37
Ventileret tagrum .....	37
Ventileret paralleltag.....	39
Skorstensgennemføringer .....	40
Uventileret paralleltag.....	41
Flade tage .....	41
Skunkrum.....	42
Dampspærre og fugtspærre .....	43
Valg af dampspærre .....	44
Dampspærre med høj Z-værdi .....	44
Dampspærre/dampbremse med lav eller variabel Z-værdi .....	45
Vindspærre .....	47
Eksempler på Vindspærre .....	47
Plader.....	47
Banevare.....	49
Undertage.....	50
U-ventileret undertage.....	50
Ventileret undertage .....	50
Isoleringsmaterialer til indblæsning .....	52
EPS-isolering .....	52
Isover .....	53
KNAUF.....	54
Papiruld.....	56
Isocell - CBIDanmark.....	56
Papiruld Danmark.....	58
Perlit .....	59
Rockwool .....	60
Dansk Træfiberisolering.....	62



Indblæsningsmaskiner .....	64
Energioptimering af eksisterende bygninger .....	70
Energimærker for bygninger .....	71
Energiløsninger .....	72

## Fra varmeteori til U-værdi

### Indledning

Energi er krumtappen i vores samfund – og dét at kunne spare på energien og udnytte den vedvarende energi, vil blive helt centralt i de næste mange år. Efter 100 års brug af fossile brændsler, er CO<sub>2</sub>-koncentrationen i atmosfæren så stor, at varmen ikke kan slippe ud – temperaturen stiger.

Konsekvenserne i form af bl.a. tørke og oversvømmelser og storme har allerede medført store forandringer på Arktis og konsekvenser i verdens i forvejen fattigste lande – og der er bred enighed om, at det er nødvendigt at dæmme op for udslippet af CO<sub>2</sub> for at undgå uoverskuelige katastrofer verden over.



Foto: Jan H. C.

Der er mange andre gode grunde til at spare på energien - bl.a. forsyningsikkerhed, økonomi og lokal forurening. Derfor har vi i Danmark i en menneskealder udviklet teknologier til udnyttelse af vedvarende energi og vi har gået forrest på energieffektiviserings- og energi- besparelsesområdet. Så den gode nyhed er, at redskaberne til at reducere energiforbruget og CO<sub>2</sub>-udslippet findes – nu gælder det viljen og evnen til at tage dem i brug.

Regeringsgrundlaget fra november 2007 sigter mod, at andelen af vedvarende energi skal øges til 30 %, og at energiforbruget skal reduceres med 25 % frem til 2025. Eksisterende og nye bygninger er ét af hovedindsatsområderne. Energieffektivisering, vedvarende energi og innovativ udvikling i byggeriet er dermed kommet i fokus som aldrig før. Målsætningen i den energipolitiske aftale om årlige energibesparelser på 1,5 % af slutforbruget frem til 2020 er udgangspunktet for den omfattende nationale indsats.

Bygningsreglementet stiller faktisk meget strenge krav til det maksimale energiforbrug i bygninger

Skærpede krav til varmeisolering af nye bygninger er indført i bygningsreglementet BR 08. De skærpede krav trådte i kraft 1. januar 2006. Og er herefter blevet strammet betydeligt i de efterfølgende bygningsreglementer, 2008 – 2010 – 2015 og men ved også at kravene bliver yderligere skærpet i 2020.

Langt den største del af bygningsmassen i Danmark, er ældre bygninger med et højt energiforbrug. Det er meget større besparelser ved at energioptimere den ældre bygningsmasse end det bidrag nye bygninger kan give til den samlede nationale mål for energibesparelser.

Men det er også her, rigtig mange fælder ligger for at få udført efterisoleringer der ender med skimmelsvamp, fugtproblemer eller at forventningerne til den beregnet besparelse helt eller delvis udebliver!

## Varmeteori

Varme kan overføres på 3 forskellige måder:

- Varmeledning
- Varmestråling
- Konvektion

Varmeledning foregår i faste ugenomsigtige materialer, f.eks. metaller, overføres varme gennem ledning. Selv væsker og gasser leder varme, men her spiller andre overføringsegenskaber også en stor rolle. Til sammenligning kan nævnes, at aluminium leder varme 10.000 gange bedre end stillestående luft

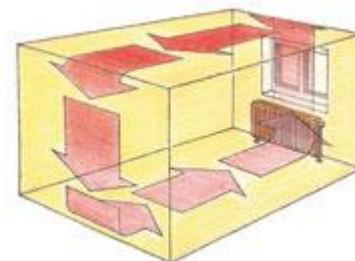


Varmestråling ((infrarød stråling) forekommer i gennemsigtige væsker og gasser samt nogle gennemsiknelige materialer.



Der findes to typer af konvektion – egen konvektion og påtvungen konvektion.

Egen konvektion kan opstå i gasser og væsker, når disse udsættes for temperaturforskelle. Eftersom kold gas har en højere densitet "vægtfylde" end en varm, synker den ved tyngdekraftens hjælp ned, samtidig med, at den varme gas stiger op. Dette giver en vis omrøring, som overfører varme.



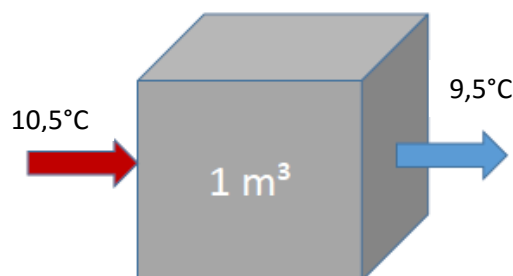
Ved påtvungen konvektion sker omrøringen ved ydre påvirkninger, som f.eks. vind eller ventilation.

## Varmeledningsevne, $\lambda$

Varmeledningsevnen er en materiale-egenskab, og den betegnes med det græske bogstav,  $\lambda$  (lambda). Enheden for varmeledningsevne er  $W/m^{\circ}C$  eller  $W/mK$ . Værdierne bliver de samme med begge enheder, eftersom det er et spørgsmål om temperatur-differens og  $\Delta 1^{\circ}C = \Delta 1K$ . (Kelvin). Jo lavere  $\lambda$ -værdi, jo bedre isoleringsevne.

ret

Princippet er, at man måler hvor meget energi (W) der skal bruges i timen for at opretholde en temperaturforskul på  $1^{\circ}C$ , når det pågældende materiale er 1 meter tyk og overfladen udgør  $1 m^2$



Eksempler på materialers varmelednings evne er forskellig og kan aflæses af nedenstående skema.

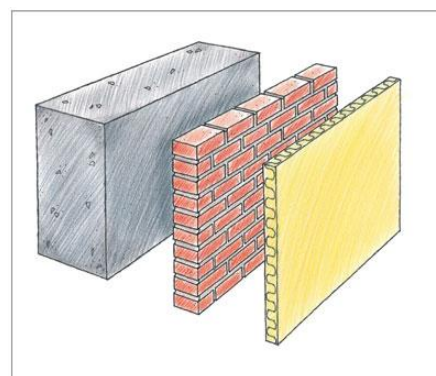
MATERIALE:	$\lambda$
FYR	0,14
GRAN	0,09
KRYDSFINER, 450 KG/M <sup>3</sup>	0,12
TEGLSTEN 1500-1700 KG/M	0,4-0,6
GIPS	0,17
ISOLERING KL. 37	0,037
BETON 2100 KG/M <sup>3</sup>	0,017
LETBETON	0,16
GLAS	0,8
ALUMINIUM	170
SNE	0,05
VAND	0,6
ATMOSFÆRISK LUFT	0,024

$\lambda_{\text{deklareret}}$  fastsættes af fabrikanten og kontrolleres af uvildig 3. part akkrediteret institut f.eks. BVQI.

$\lambda_{\text{deklareret}}$  måles ved middeltemperaturen  $10^{\circ}C$  og betegnes også  $\lambda_{10}$ .

$\lambda_{10}$  er basisvarmeledningsevnen målt i laboratorietilstand ved en middeltemperatur på  $10^{\circ}C$ .

Til praktiske beregninger anvendes  $\lambda_{\text{design}}$ , som beregnes som  $\lambda_{\text{deklareret}}$  ganget med en faktor,  $F_m$ , der korrigerer for fugtindholdet i materialet.





## Isolans, R

Isolansen betegnes med **R** og beskriver, hvor godt et materialelag eller en bygningsdel isolerer. Med bygningsdel menes et tag, et gulv eller en væg.

Enheden er:

$\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$  eller  $\text{m}^2 \text{ K}/\text{W}$ . Jo større isolans, desto bedre isoleringsevne.

## Materialelag

For et homogent materialelag med tykkelsen **d** defineres isolansen:  **$R = d : \lambda$**

Man kan få en stor isolans ved enten at have en stor tykkelse eller et lag med en lav varmeledningsevne.

### Eksempler på udregning af isolans:

300 mm beton                       $\lambda = 1,70$                $R = 0,300 : 1,7 = 0,18 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$

108 mm tegl                         $\lambda = 0,60$                $R = 0,108 : 0,60 = 0,18 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$

50 mm mineraluld med         $\lambda = 0,37$                $R = 0,050 : 0,037 = 1,35 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$

Som det ses af regneeksemplet, isolerer 50 mm mineraluld bedre end både 108 mm tegl eller 300 mm beton.

## Overgangsisolans

Selve luftlaget på inder- og ydersiden af en bygningsdel er isolerende. Denne varmemodstand kaldes overgangsisolans. Den ydre overgangsisolans betegnes  $R_{se}$  og den indre med  $R_{si}$ .

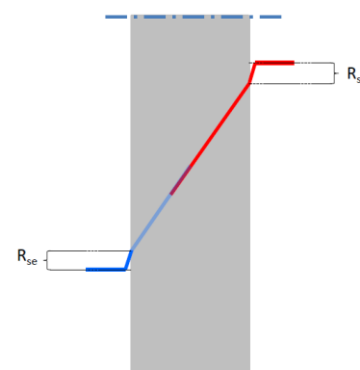
Størrelsen på disse overgangsisolanser bygger bl.a. på strålings- og vindforholdene. DS 418 angiver følgende værdier, som kan anvendes i de fleste tilfælde:

### Indre overgangsisolans

$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$  – for opadrettet varmestrøm  
 $= 0,13 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$  – for vandret varmestrøm  
 $= 0,17 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$  – for nedadrettet varmestrøm

### Ydre overgangsisolans

$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$





## Transmissionskoefficient, U

Transmissionskoefficienten – eller i daglig tale U-værdien, er et udtryk for godt en bygningsdel isolere. En U-værdi har enheden  $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ . Og udtrykker den energimængde, der pr. time strømmer gennem  $1 m^2$  af konstruktionen, ved en temperaturforskel på  $1^\circ C$ .

Jo lavere U-værdi – jo bedre isolere bygningsdelen.

U-værdien udregnes ved at sammenlægge bygningsdelens isolanser og derefter tage den reciprokke værdi (den omvendte værdi)

Regneeksempel:

Materialelage:	Tykkelse (d)	$\Lambda$ -værdi	Isolans R
Overgangsisolans indv.			0,13
Teglsten 108 mm	0,108	0,45	0,24
Isolering kl. 37	0,190	0,037	5,14
Teglsten 108 mm	0,108	0,77	0,14
Overgangsisolans ude			0,04
Isolanser i alt			5,69

Summen af isolanser giver i dette tilfælde  $5,69 m^2 \text{ } ^\circ C/W$  – men enheden  $m^2 \text{ } ^\circ C/W$  er en upraktisk størrelse at regne videre på. Derfor finder man den reciprokke værdi (den omvendte værdi) ved at dividere summen af isolanser op i 1.

U-værdi =  $1 : 5,69 m^2 \text{ } ^\circ C/W = 0,18 W/m^2 \text{ } ^\circ C$  – bemærk at nu er benævnelsen vendt så det passer med benævnelsen på  $\lambda$ -værdien.

Nu er det muligt at beregne energiforbruget gennem  $1 m^2$  ydervæg.

Eksempel:

Energiforbrug pr. time = U-værdi x temperaturforskel x  $m^2$  ydervæg

Udvendig temperatur          minus  $8^\circ C$

Indvendig temperatur        plus  $20^\circ C$

$121 m^2$  ydervæg

$0,18 \times 28 \times 121 = 609 W$  pr. time =  $609 Wh$

## Fyringssæson

Det beregnede energiforbrug i Danmark regnes ud fra en fyringssæson på 227 dage. Gennemsnitstemperaturen i denne periode er  $4^\circ C$ . Gennemsnittet er udregnet over en periode på 40 år. Der vil derfor være store variationer i det aktuelle energiforbrug de enkelte år.



I grove træk, kan man udregnes en bygningsdels årlige energiforbrug efter nedenstående simplificeret formel:

$$227 \text{ dage} \times \Delta t \text{ } 18 \text{ } ^\circ\text{C} \times 24 \text{ timer} / 1000 = 98,062 \text{ rundes op til } 100$$

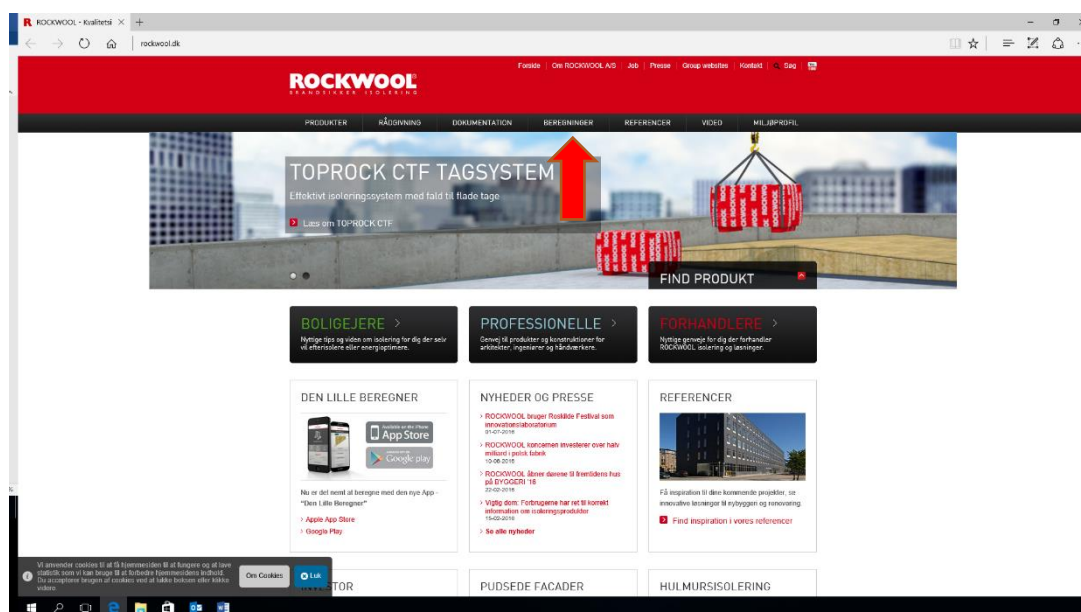
I det de 4 °C er den gennemsnitlige udetemperatur i fyringssæsonen. De 22 °C er den indvendige temperatur, bevist sat lidt højt idet det er få i dag nøjes med 20 °C i indetemperatur. Altså en forskel i temperaturen mellem inde og ude på 18 °C også kaldet  $\Delta$  (delta) t. Tallet divideres med 1000 for at omregne til kilowatt timer (kWh).

I ovenstående eksempel har vi udregnet en U-værdi på en ydervæg til 0,18 og et areal på 121 m<sup>2</sup>

Det årlige gennemsnitlige energiforbrug pr. m<sup>2</sup> ydervæg, kan derfor tilnærmet beregnes som 0,18 x 100 = 18 kWh/m<sup>2</sup>. Det årlige gennemsnitlige forbrug vil derfor være 18 kWh/m<sup>2</sup> x 121 m<sup>2</sup> = 2178 kWh.

## Rockwool Energy Design

Via hjemmesiden [www.rockwool.dk](http://www.rockwool.dk) kan man nemt udregne U-værdier. Under beregninger ligger et link til at tilgå programmet online





The screenshot shows the Rockwool website's 'BEREGNINGER' (Calculations) section. The navigation bar at the top includes 'PRODUKTER', 'BEREGNINGER', 'INSPIRATION', and 'MILJØPROFIL'. The 'BEREGNINGER' tab is highlighted with a red arrow. Below the navigation bar, there are several product categories with brief descriptions and links to download programs:

- BEREGNINGER**: Med ROCKWOOL Energy Design kan du foretage energirammeberegninger til nybyggen samt varmetabsramme- og U-værdiberegninger til bygninger og sommerhuse. [Tilgængeligt online](#)
- REDUX FLEX**: Beregningsprogram anvendes til at frekvalificere eksisterende rammeværk, da arbejdsstatistiksystemet giver, samt til at undersøge en eksisterende konstruktion til frekvalificering. [Tilgængeligt online](#)
- REDUX LINK**: Beregningsprogram anvendes til beregning af den indvendige overgange (plader og beslag) til det projekt. [Tilgængeligt online](#)
- REDUX**: Beregningsprogram anvendes til beregning af den ydre overgange (plader, beslag, studs og skruer) til det projekt. [Tilgængeligt online](#)
- HARDROCK**: Programmet beregner beregningen ved at multiplicere, når det er nødvendigt, med de relevante værdier (som eksempelvis vindtrykket) og udvælger den mest hensigtsmæssige løsning. [Tilgængeligt online](#)
- HARDROCK U-VÆRDI**: HardRock U-værdi bruges til beregning af U-værdien af forskellige typer varme isolering med Rockwool Systemtek. [Tilgængeligt online](#)
- BRANDSKIRING**: COMIT undersøger et af beregningsprogram, der er ment til at hjælpe dig med at dimensionere COMIT i forbindelse af vindtrykket. [Tilgængeligt online](#)
- ROCKTEC**: Dens anvendelse til beregning af varmetabsramme og U-værdier for bestemte konstruktioner til bygninger. [Tilgængeligt online](#)
- ROCKTEC H**: Gennemført af DS 452 (2. udgave). [Tilgængeligt online](#)

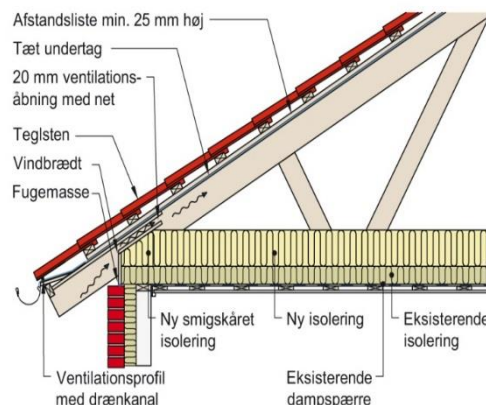
The screenshot shows the Rockwool website's 'ENERGIBEREGNING - ROCKWOOL ENERGY DESIGN' page. The navigation bar at the top includes 'PRODUKTER', 'BEREGNINGER', 'INSPIRATION', and 'MILJØPROFIL'. The 'BEREGNINGER' tab is highlighted with a red arrow. The page content includes:

- ENERGIBEREGNING - ROCKWOOL ENERGY DESIGN**: Online energirammeberegninger, varmetabsramme- og U-værdiberegninger samt rentabilitetsberegninger. Programmet kan anvendes af ingeniører, arkitekter, konstruktører og øvrige personer med byggeteknisk indsigt.
- Start Rockwool Energy Design**: Programmet (2014) (2014) (2014)
- Hent Rockwool Energy Design manual**: (2014) (2014) (2014)
- 10 gode grunde til at anvende ROCKWOOL Energy Design til energiberegninger:**
  - Energiberegninger**: Værktøj til beregning af energibehovet for nybyggen og eksisterende bygninger. Energiberegninger udføres i overensstemmelse med BE10 (anvender samme beregninger som SNPs program).
  - Varmetabsrammeberegninger**: Værktøj til beregning af varmetabsramme for bygninger og sommerhuse. Varmetabsrammen beregnes ved at sammenligne det aktuelle hus med et normgivende hus med 22% vindfølelse og isoleret svarende til de normgivende U-værdier. Beregningen udføres i overensstemmelse med DS 415:2008 'Beregning af bygningers varmetab' samt Dynamiske beregninger (2010).

Brug programmet til at udregne følgende opgave:

- 13 mm gips
- 45 x 45 mm træ/isolering kl. 37 C/C 300 mm
- 45 x 120 mm træ og isolering kl. 37 C/C 1000 mm
- Ventileret tagrum – bølgeeternit

1. Udregn U-værdi
2. Efterisolér med yderligere 200 mm kl. 37 og udregn den nye U-værdi



## Graddage

Graddage er et mål for, hvor koldt det har været og hvor meget energi der bruges til rumopvarmning. Graddagetallet kan hjælpe forbrugere med at sammenligne energiforbruget pr. måned med en normal måned og pr. år med et normalår.

Energiforbrug til brugsvand indgår ikke, da det ikke er afhængigt af udetemperaturen.

En graddag er et udtryk for en forskel på 1°C mellem den "indvendige" døgnmiddeltemperatur på 17°C og den udvendige døgnmiddeltemperatur i et døgn. Døgnets graddagetal udregnes derfor som forskellen mellem 17°C og den udvendige døgnmiddeltemperatur.

Nedenfor ses et par eksempler på beregning af graddage:

-5°C ude giver 22 graddage.

+2°C ude giver 15 graddage.

De enkelte døgnets graddagetal summeres til uge-, måneds-, års- og sæsonværdier.

Fyringssæsonen påbegyndes om efteråret, når den udvendige døgnmiddeltemperatur kommer ned på 12°C og derunder i mindst 3 sammenhængende døgn og ophører om foråret når den når op på 10°C eller derover i mindst 3 sammenhængende døgn.

Hvis der efter fyringssæsonens start skulle blive mindst 3 døgn, hvor temperaturen når op på over 12°C ophører graddagetællingen, indtil temperaturerne atter går ned under 12°C, og om foråret, hvis temperaturen går ned under 10°C i mindst 3 døgn genoptages graddagetællingen.

Fyringssæsonens normalår opgøres med 40 års mellemrum beregnet som et gennemsnit over de forudgående 40 sæsoners graddagetal. Normalåret er opdelt i månedsværdier - normal måneder, idet det er den mest praktiske periodestørrelse at basere energikontrol på.

Grundlaget for beregningen af de graddage, som Teknologisk Institut, Energi og Klima udsender, er døgnmiddeltemperaturerne målt ved Landbohøjskolen i København af DMI, og sådanne beregninger har været gennemført siden 1936.

## Fugt og bygninger

### Indledning

Efterisolering af bygninger kræver viden om hvad det kan medføre i energibesparelser og hvilke tiltag der er rentable. Men det er nødvendigt samtidig, at se på de ændringer et evt. efterisoleringsprojekt medfører i varme- og fugtforhold i bygningens konstruktioner. For at forstå, hvordan en efterisolering kan gennemføres så der ikke opstår fejl, er det nødvendigt at kende sammenhængen mellem temperatur og fugt.

Derudover bør man også overveje mulighederne med forskellige isolerings- og dampspærretyper. Disse valg skal tages ud fra en vurdering af bygningens arkitektur, materialer og brug. Ældre bygninger er designet til at fungere med ofte meget ventilation, ingen eller tynde isoleringslag og ofte med meget diffusionsåbne materialer.

Bygninger skal udføres så vand og fugt ikke medfører skader eller brugsmæssige gener, herunder forringet holdbarhed og utilfredsstillende sundhedsmæssige forhold.

Alt dette kan lyde meget selvfølgelig og enkelt, med det er desværre ikke. Mange bygningsskader, herunder skimmelsvamp, har mere eller mindre direkte sammenhæng med fugt i og omkring byggeriet. Skader der sommetider kræver meget store summer at udbedre.

Bygningens fugttilstand bestemmes af miljø- og klimaforhold, af den konstruktive udformning og af de materialer, der indgår. For at kunne dimensionere en bygningskonstruktion rigtigt er det vigtigt at kende til de mulige fugtkilder, der kan forekomme. Med dette kendskab kan de rigtige konstruktioner og materialer vælges.

At ændre på varmeisoleringen i ældre bygninger er fugtteknisk, om muligt, forbundet med endnu flere faldgrupper end ved nyt byggeri.

Bygninger vil hele tiden være udsat for fugt i form af:

- Regnvand
- Grundfugt
- Fugt i luften ude
- Fugt i inde luften, forårsaget af personers ophold



Foto: Jan H. C.



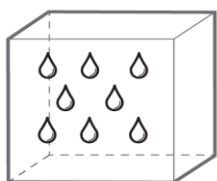
Foto: Jan H. C.

Derudover kan bygninger blive uhensigtsmæssigt fugtige/våde af:

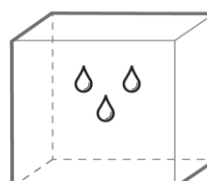
- Byggefugt
- Lækager i installationer
- Kondensation af rumfugt
- Indbygning af våde byggematerialer
- Konstruktive fejl

### Fugt og varme

Den luft, der omgiver os, indeholder altid vand i form af damp. Ved en given temperatur kan luften kun indeholde en begrænset mængde vanddamp. Jo højere temperatur desto mere vanddamp kan luften indeholde. Det aktuelle indhold af vanddamp i luften beskrives som "relativ luftfugtighed" idet luftens indhold af vanddamp sættes i forhold til den mængde vanddamp luften maksimalt kan indeholde ved en given temperatur.



Varm luft  
Højt vanddamtryk



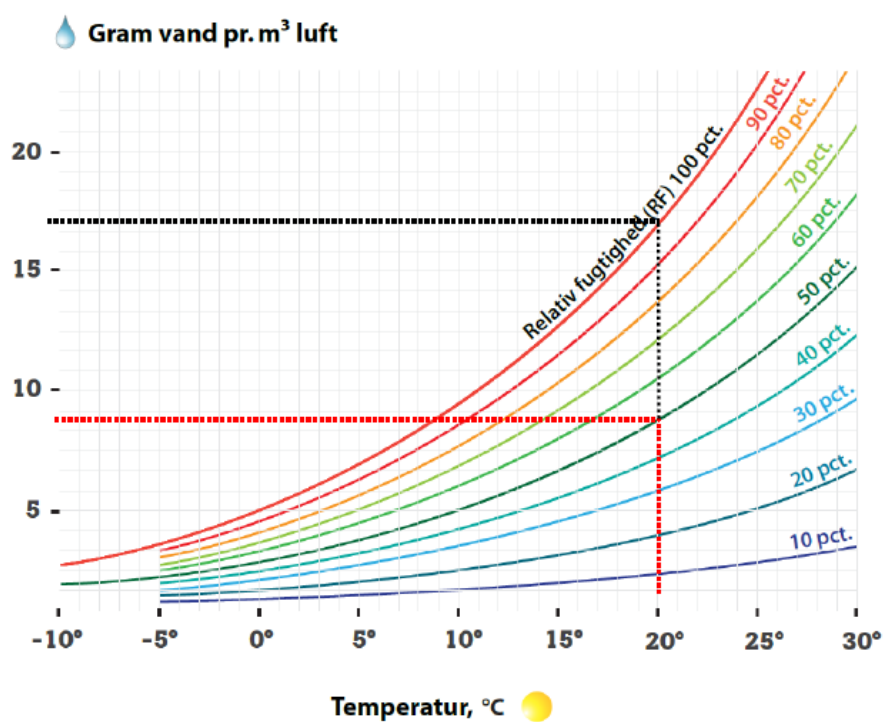
Kold luft  
Lavt vanddamtryk

*Varm luft kan indeholde væsentlig mere vanddamp end kold luft. Varm luft har derfor et højere vanddamtryk end kold luft.*

Luftfugtighed er et mål for, hvor meget vanddamp luften indeholder. Luftfugtighed kan enten måles som *absolut luftfugtighed* eller *relativ luftfugtighed*.

Absolut luftfugtighed angiver *massen* af vanddamp i en given mængde luft og måles i  $\text{g/m}^3$  (gram pr. kubikmeter).

Relativ luftfugtighed (RF) er forholdet mellem den mængde vanddamp, der *er* i luften og den maksimale mængde vanddamp, som luften *kan* indeholde. RF måles med et hygrometer og angives i procent fra 0 % til 100 %.



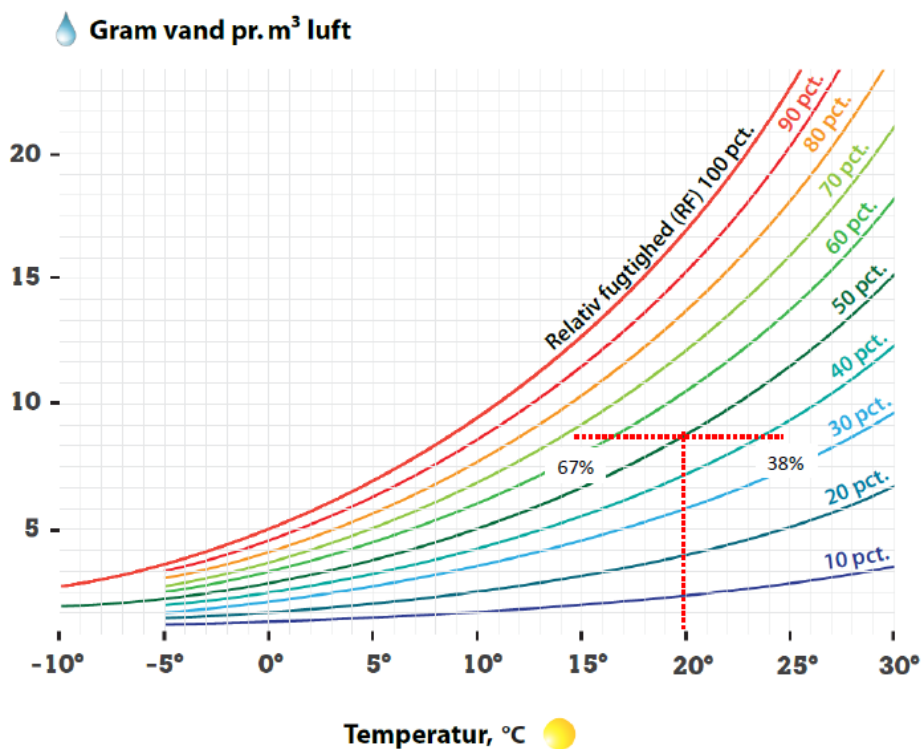
Eksempel: ved 20°C og en RF på 50 % - indeholder luften 8,65 gram vand. Ved 20°C og en RF på 100 % indeholder luften ca. 17.3 gram vand

Der er altså en sammenhæng mellem temperaturen og hvor meget luften maksimalt kan indeholde af vanddamp.

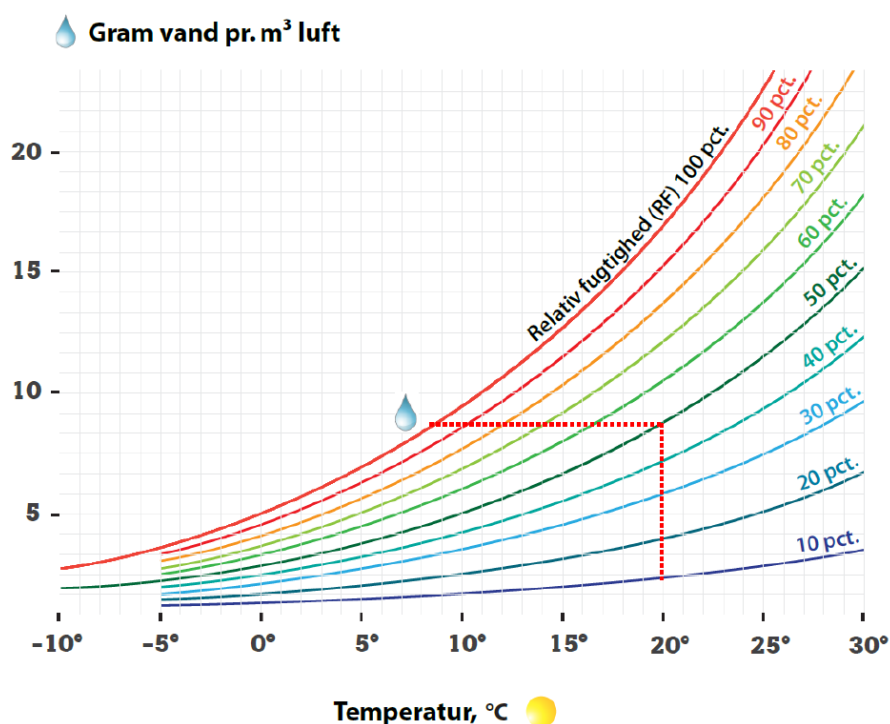
Temperatur - C°	Relativ luftfugtighed - RF	Gram vand / m <sup>3</sup> luft
0° C	100 %	4,5 g / m <sup>3</sup>
20° C	100 %	17,3 g / m <sup>3</sup>
20° C *	50 %	8,65 g / m <sup>3</sup>
25° C **	38 %	8,65 g / m <sup>3</sup>
15° C **	67 %	8,65 g / m <sup>3</sup>

I skemaet kan ses sammenhængen mellem temperatur, relativ luftfugtighed og vandindhold





Hvis man tænker sig en bolig opvarmet til 20° C og med en RF på 50 %, vil den relative luftfugtighed falde hvis temperaturen hæves. Og stige hvis temperaturen sænkes.



Hvis luftens temperatur sænkes med et givent fugtindhold, vil der på et tidspunkt udskilles vand i form af dråber fordi luften ikke kan indeholde mere vanddamp. Dugpunktet er nået.

## Fugt i luften, ude og inde

Den relative luftfugtighed varierer hen over året og i det enkelte døgn. Om sommeren er den gennemsnitlige RF på ca. 75 % svarende til 10 gram vanddamp pr. m<sup>3</sup>.

Vanddampindholdet er lavere om vinteren ca. 5 gram vanddamp pr. m<sup>3</sup>, til gengæld er den RF højere ca. 90 %.

På grund af det lave vanddampindhold i luften ude, vil inde luften i opvarmet bygninger opnå en tilstand hvor den RF er mellem 30 – 50 %. I kolde perioder og i bygninger med lav fugtproduktion, for eksempel skoler og kontorer, kan den RF blive betydeligt lavere.

Fugtproduktion i bygninger skyldes fordampning fra de personer der opholder sig i bygningen og fra aktiviteter som madlavning, bad, tøjtørring mm. For at den RF ikke bliver for høj, skal den producerede vanddamp til indeklimaet reguleres ved udluftning.

## Vanddamptryk

For at opretholde en behagelig temperatur indendørs – især om vinteren – isolerer vi vores huse. Vi skaber så at sige et kunstigt sommerklima i vores opholdsbygninger.

Så længe vi har en højere temperatur indenfor end udenfor, har vi et højere vanddamptryk inde i den opvarmede bygning end udenfor. Vanddamptrykket stiger kraftigt med temperaturen.

Det høje vanddamptryk i opvarmede bygninger, vil altid søge mod et lavere vanddamptryk. Det findes typisk udendørs eller i tilstødende, u- opvarmede rum.

Det bevirker at der kan opstå kondensdannelse i bygningernes udvendige konstruktioner, se *relativ luftfugtighed* side 3. Nedenstående eksempler viser damptryksforskellen på hver side af bygningens udvendige konstruktioner. Det ses, at selv om den relative fugtighed er 90 % ude og kun 40 % inde, så indeholder indeluften mere vanddamp. Det sammenholdt med den højere temperatur giver et meget større vanddamptryk inde i bygningen.

Vanddamptrykket opgives i Pascal (Pa). Pa er et fladetryk pr. kvadratmeter. 1 Pa svare til 100 gram jævnt fordelt over en flade på 1 kvadratmeter.

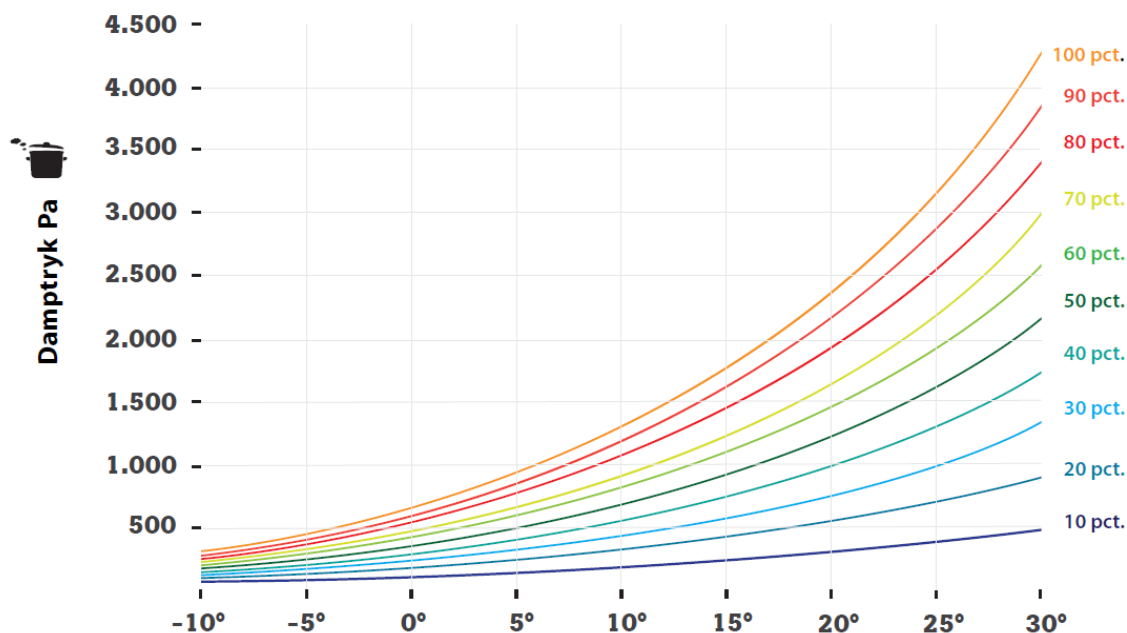


*Hus indvendigt:  
22 arader – 7,8 g/m<sup>3</sup> – 1050 Pa  
Foto: Jan H. C.*



*Hus udvendigt:  
Minus 10 arader – 1,9 g/m<sup>3</sup> - 234 Pa  
Foto: Jan H. C.*

## Damptryksdiagram



I diagrammet kan aflæses luftens maksimale vanddampindhold og dermed det mættede vanddamptryk / partialtryk. Som det ses af diagrammet stiger vanddamptrykket kraftigt med temperaturen.

I nedenstående tabel ses sammenhængen mellem temperatur, vanddampindhold og damptryk.

Temperatur °C	Vanddampindhold g/m <sup>3</sup>	Damptryk Pa
-12	1,805	217,6
-11	1,967	238
-10	2,141	260
-9	2,33	284,1
-8	2,534	310,1
-7	2,753	338,2
-6	2,99	368,6
-5	3,246	401,7
-4	3,52	437,3
-3	3,815	475,7
-2	4,134	517,3
-1	4,476	562,2
0	4,843	610,5
1	5,19	656,7
2	5,558	705,8
3	5,947	757,9
4	6,359	813,4
5	6,795	872,3
6	7,257	935
7	7,747	1002
8	8,266	1073

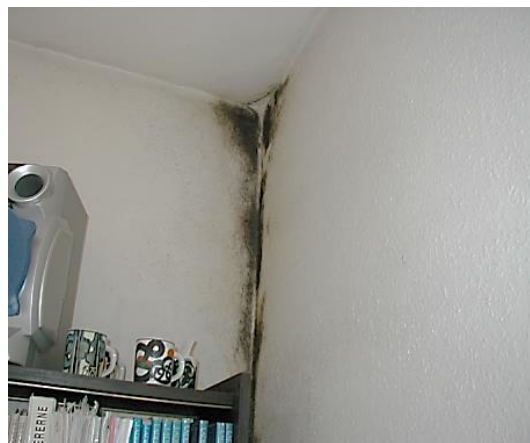
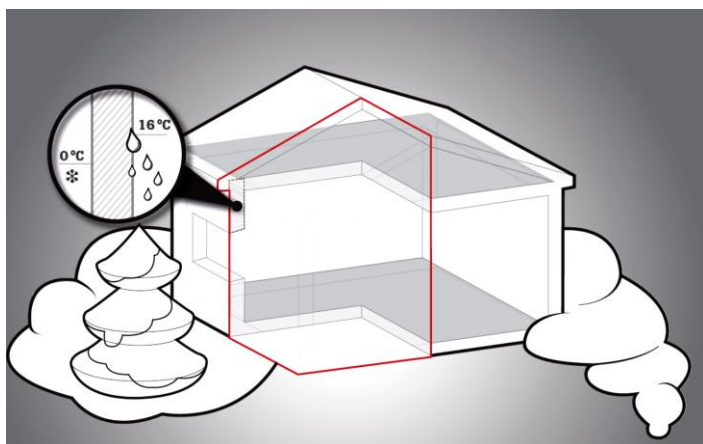
Temperatur °C	Vanddampindhold g/m <sup>3</sup>	Damptryk Pa
9	8,814	1148
10	9,396	1228
11	10,01	1312
12	10,66	1402
13	11,34	1497
14	12,06	1598
15	12,82	1705
16	13,62	1818
17	14,47	1937
18	15,36	2063
19	16,29	2197
20	17,28	2338
21	18,32	2487
22	19,41	2643
23	20,55	2809
24	21,75	2983
25	23,02	3167
26	24,34	3361
27	25,73	3565
28	27,19	3780
29	28,72	4005
30	30,33	4243

## Kondens på overflader

Når vi tapper koldt vand af vandhanen i køkkenet, vil der efter nogen tid dannes dug på det kolde metal. Det skyldes, at luften omkring vandhanen bliver så kold at den ikke længere er i stand til at indeholde al vanddampen og derfor udskiller en del af vanddampen. Eller man kan sige at den lokale luft omkring vandhanen er så kold så duggen falder, som vi kender det om sommeren hvor duggen falder mod aften, når luften afkøles så meget at den relative luftfugtighed når op på 100 % og luften stadig afkøles.

Hvis vi har områder i vore bygninger som er dårligt isoleret, opstår der de såkaldte kuldebroer. Den luft der kommer i kontakt med kuldebroers forholdsvis kolde overflader, vil derfor have en højere relativ luftfugtighed end de øvrige overflader.

Overfladerne på kuldebroerne kan være så kolde, at den relative luftfugtighed når op på 75 – 80 % som er fugtigt nok til at der kan gro skimmelsvamp på overfladen. Der er også fare for, at temperaturen bliver så lav at der dannes kondens - luften udskille vand/dug.



*Hvis overfladen i bygningen bliver for kolde, dannes der kondens. Der kan derfor i sådanne områder dannes skimmelsvamp – særligt udsatte er overflader med organisk materiale som her hvor der er tapetseret med rutex tapet. Foto Goritas*

Man bør ikke have u-opvarmet rum i huset/lejligheden i fyringssæsonen. Det er ofte at soveværelser holdes kolde. Men det giver en høj luftfugtighed, og der kan opstå skimmelvækst i hjørnerne, hvor temperaturen er lavest. Skimmelvækst kan undgås ved opvarmning kombineret med udluftning. Man kan godt holde en lavere temperatur i soveværelset om natten end man har i det øvrige hus. Men så skal man lufte ud om morgenen, sætte varme på om dagen og så lufte ud inden man går i seng.

Dannelse af kondens på kuldebroer kan hindres ved kortvarig udluftning og opvarmning. Ved udluftningen drives den varme fugtige luft ud. Den kolde luft udefra indeholder ikke så mange gram vanddamp pr. kubikmeter, selv om den relative luftfugtighed er høj udendørs.

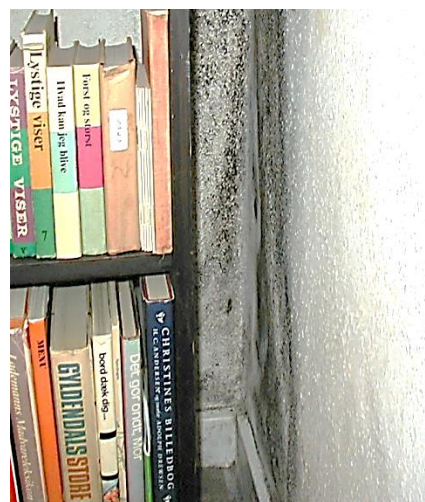
### Eksempel:

Temperaturen udenfor er 5° C og den relative luftfugtighed 90 %. Luften vil da indeholde ca. 6 gram vand pr. kubikmeter. Lukker vi den luft ind i bygningen, og opvarmer den til 20° C vil den relative luftfugtighed

falde til ca. 35 %. Så selv om det regner og er meget fugtig udenfor, vil den kolde luft vi lukker ind og opvarmer medvirke til at sænke den relative luftfugtighed inde i bygningen.

Dårligt isolerede hus har et større behov for udluftning end nye velisoleret huse. Ved kortvarig udluftning fjernes den fugtige luft, uden at temperaturen på konstruktionsoverflader og inventar nedsættes markant. Det er billigt at opvarme luft – men dyrt at opvarme overflader på især tunge bygningskonstruktioner.

Derudover bør man holde større møbler og lignende lidt fra ydervæggene, så varm luft kan cirkulere bag dem. Dette gælder særligt for ældre huse med uisoleret vægge.



Fotos: Goritas

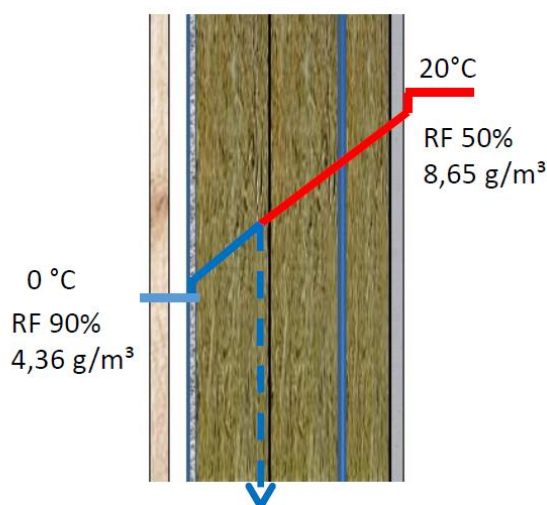
### Fugtvandring i bygningskonstruktioner

Når luftens temperatur falder, stiger den relative luftfugtighed. Det bevirker, at vi kan risikere kondensdannelse i vores bygningskonstruktioner efterhånden som temperaturen falder ud igennem for eksempel en ydervægskonstruktion.

Når den relative luftfugtighed når 100 % kan luften ikke indeholde mere vanddamp. Falder temperaturen derefter yderligere, overskrides dugpunktet. Herefter vil luften udskille vanddråber/kondens, som vil sætte sig inde i isoleringslaget.

Der er ikke noget krav om, at man skal montere dampspærre i bygninger, men det er den mest anvendte metode til at opfylde de krav i bygningsreglementet, som omhandler bygningers tæthed og fugtophobning i konstruktionerne.

Bygninger skal sikres mod skadelig akkumulering af kondensfugt som følge af fugttransport fra indeluften. Fra bygningsreglementet.

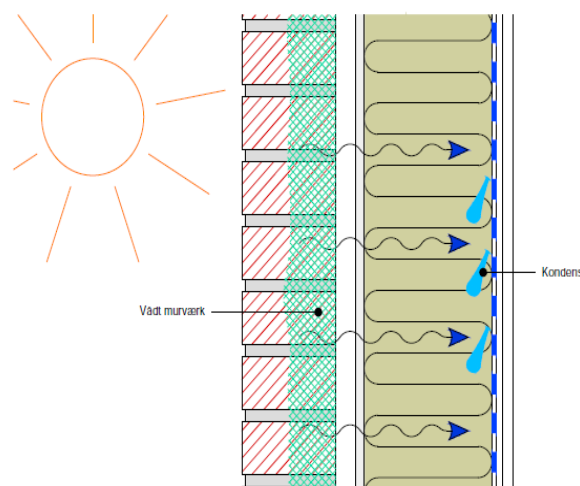


Ved ca. 8° C kan luften maks. indeholde 8,3 g/m<sup>3</sup> - dvs. at dugpunktet er overskredet. Se side 16

Den varme luft vil søge ud mod den kolde luft. Derfor placerer vi en dampspærre, eller anden sikring mod fugttransport, så det meste af vanddampen blive holdt inde på den varme side af dampspærren. På denne måde kan vi undgå at dugpunktet overskrides. Vindspærren skal være med en meget lav Z-værdi, maks. 3 gerne mindre. Det er vigtigt at den vanddamp der trods alt trænger igennem dampspærren bliver drevet videre ud gennem vindspærren. Jo tykkere isoleringslag, jo vigtige er det at overholde kravet om en lav Z-værdi på vindspærren.

## Sommerkondens

Når det pludseligt i klart solskin vejr i forsommeren begynder at dryppe fra loftet i bygninger med kolde eller varme tage, kan årsagen være sommerkondens. Sommerkondens stammer fra fugt, som ved solens opvarmning af tagfladen/vægfladen drives ind gennem konstruktionen, hvor den kondenserer på den relativt koldere dampspærres ydersideside. Sommerkondens kan give alvorlige skader på bygningsdele og skabe mulighed for vækst af skimmelsvamp og trænedbrydende svampe. *Til afhjælpning af problemet kan en kombination af en fugtadaptiv dampspærre og et celluloseholdig (Papir-, træuld) isolering være en god idé. Den celluloseholdige isolering bringer evt. fugt frem til dampspærren, som lukker fugten igennem til videre bortventilation med det almindelige luftskifte i bygningen.*



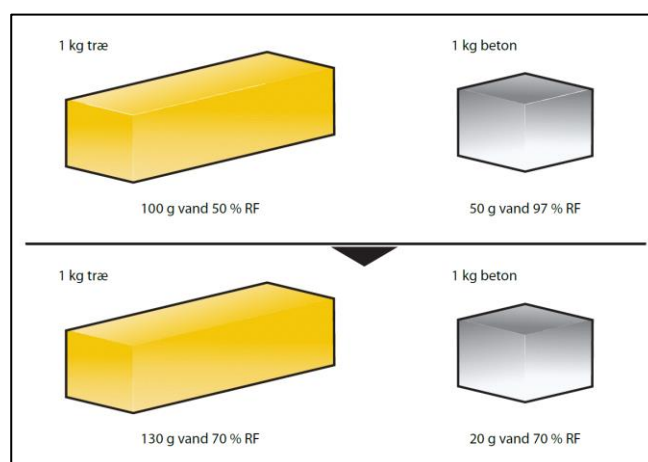
## Fugt i byggematerialer

Af fugtlige vægtskurven for træ ses det at træes fugtkapacitet er langt større end for tegl. Træ vil derfor afgive eller optage store mængder fugt ved ændringer i den relative luftfugtighed. Træ er derfor godt som fugtbuffer der modvirker hurtige ændringer i den relative luftfugtighed.

### Eksempel:

1 træklods på 1 kilo træmasse med 100 g vand, svarende til en fugtlige vægt ved RF 50 %, anbringes i en tæt beholder sammen med 1 kilo betonmasse med 50 g vand, svarende til en fugtlige vægt ved RF 97 %.

Efter tid vil de 2 materials fugtindhold indstille sig på en ny fugtlige vægt. Her vil den fugt der afgives fra betonen, via luften, overføres til træklodsen. Materialerne vil indstille sig på en ny fugtlige vægt svarende til 70 % for begge materialer. Nu indeholder træklodsen 130 g vand og betonklodsen 20 g vand.



## Kapillarsugning

Porøse materialer er i stand til at optage fugt ved kapillarsugning. Kapillarsugning er den virkning vi kender fra køkkenpapir, som er i stand til at suge vand op fra en skål. På samme måde kan byggematerialer opsuge grundvand eller opsuge fugten fra slagregn.

For at hindre at de porøse byggematerialer overfører fugt til bygningsdele der skal holdes tørre, indbygges kapillarbrydende lag.

Et kapillarbrydende lag kan opbygges af grovkornet materialer. Typisk grovkornet grus, singels eller coatede, løse letklinker. Kornstørrelse minimum 4 mm. Materialerne skal være ren vasket, idet snavs kan suge vand op gennem fint materiale på overfladen.

Tætte materialer, uden porer eller med lukkede porer, som vand ikke kan trænge igennem, virker også kapillarbrydende. Eksempelvis murpap og ekspanderet polystyren med lukkede pore.

En luftspalte, der er spænder over minimum 5 mm, så vanddråbers overfladespænding (4 mm) ikke kan spænde over, virker også kapillarbrydende.

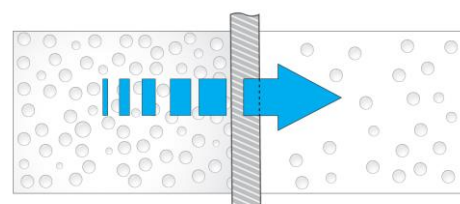
## Fugttransport

Fugt kan transporteres i væskeform eller i dampform. Når en bygning er opvarmet, vil det højere vanddamptryk fra de opvarmede rum søge ud mod det lavere damptryk i de omgivelser der omgiver de opvarmede rum.

Transport i væske- og dampform kan ske samtidig og tilmed i hver sin retning. For eksempel i et terrændæks betonplade. Her kan der være kapillarsugning opad i de mindre porer og en damptransport nedad.

## Fugttransport i dampform

Vanddamp kan transporteres ved diffusion eller konvektion. Ved diffusion forstås at vanddamp trænger ind i et materiale, ud ad et materiale eller igennem et materiale. Molekylerne vil efterhånden fordele sig jævnt. De vil bevæge sig fra steder med stor koncentration af vanddamp til steder med lille koncentration. Denne transport på grund af molekylebevægelserne kaldes diffusion.



Det betyder, at selv gennem en dampspærre, trænger der vanddamp igennem. Det højere vanddamptryk på dampspærrens varme side, vil søge mod det lavere vanddamptryk på konstruktionens kolde side. Det meste vanddamp bliver holdt tilbage af dampspærren – men lidt vanddamp vil det trænge igennem.

## Diffusion

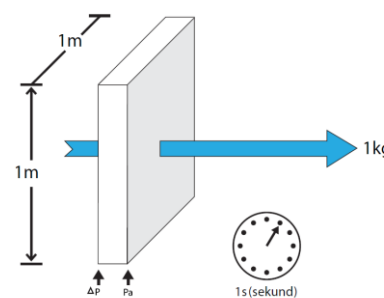
Vanddampdiffusionsmodstand er en materialeegenskab der beskriver et materiales gennemtrængelighed over for vanddamp. Vanddampdiffusionsmodstand betegnes også som Z-værdi. Vanddampdiffusionsmodstand måles i enheden  $\text{GPa s}^2/\text{kg}$ .

### Dampdiffusionsmodstand for materialelag

Dampdiffusionsmodstand for materialelag:  
 $GPa \cdot s \cdot m^2 / kg$  (pascal x sekund x  $m^2 / kg$  vanddamp)

En bygningsdels modstand mod vanddampdiffusion, defineres som den trykforskel i Pa (Pascal), der skal virke i 1 sekund på  $1 m^2$  for at drive 1 kg vanddamp igennem bygningsdelen.

1 Pascal svarer til et fladetryk på 100 gram pr. kvadratmeter



Z-værdien udtrykker en dampspærres evne til at modvirke diffusion af vanddamp.

Den fugtmængde, som ved diffusion kan trænge gennem en dampspærre, er selv med en beskedne diffusionsmodstand meget lille. Det er derfor normalt tilstrækkeligt at anvende en dampspærre med en Z-værdi på 50  $GPa \cdot s \cdot m^2 / kg$ .

Teknologisk Institut definerer en dampspærre med en Z-værdi på 50 og derover. Men i visse tilfælde kan der anvendes membraner eller pladematerialer, som det lufttætte lag, med en Z-værdi på mindre end 50. Det kræver en fugtteknisk beregning og vil normalt kræve et hygroskopisk isoleringsmateriale som hør-, papir- eller træuld.

I tabellen nedenfor, angives diffusionsmodstanden (Z-værdier) for en række dampspærrematerialer. Materialets diffusionsmodstand skal være dokumenteret ved målinger, for eksempel udført ved den såkaldte "kopmetode", som svare til, at dampspærren befinder sig i et relativt tørt klima:

Diffusionsmodstande for dampspærreer.	
Dampspærremateriale	Z-værdi $GPa \cdot s \cdot m^2 / kg$
Fugtadaptive dampspærreer	1,4-600
Alu-baseret	>1700
0,15 mm PolyEthylen	350
0,20 mm PolyEthylen	450
Tagpap	>2000
Special tagpap med alu-belægning	>5000



I tabellen til højre angives diffusionsmodstande (Z-værdier) for en række materialer.

Materialets diffusionsmodstand skal være dokumenteret ved målinger, fx udført ved den såkaldte „kopmetode“, som svarer til, at dampspærren befinder sig i et relativt tørt miljø.

Materiale	Z-værdi
PE-folie 0,20 mm	500
Aluminiumsfolie	5000
Asfaltpap 2,5 kg m <sup>2</sup>	1700
Gipsplade 13 mm	0,4
Letbeton 100 mm	1,5
Metaller	∞
Glas	∞
Mursten 100 mm	5,0
Plastmaling	2,5
Let mineraluld 100 mm	0,6
Silikatmaling	1,0
Vindpap	5 - 20

### Z-værdi og sd- værdi

Man møder ofte **sd-værdi** for damptæthed, i stedet for **Z-værdi**. Omregningsfaktoren er: 5,68182 – normalt anvender man bare faktor 5,7. Eksempel: en dampspærre af PE-folie står til en damptæthed, i teknisk datablad, på 140m. 140m x 5,7 = Z-værdi 798.

### Konvektion

Konvektion er fugttransport gennem utætheder i overfladerne som følge af lufttrykforskelle.

Trykforskelle opstår pga. vind, termisk opdrift af rumluften (skorstenseffekten) og mekanisk ventilation.

Et ventilationsanlæg, der skaber overtryk i huset, bør derfor undgås, da det øger risikoen for skader som følge af konvektion.

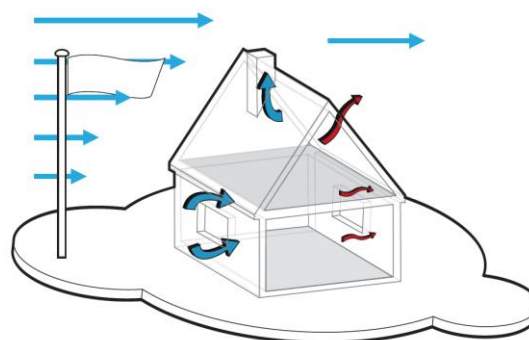
Er der forskel i lufttrykket på hver side af en væg eller et tag, kan luft strømme gennem konstruktionen og føre fugt med sig. Passerer varm og fugtig luft en kold yderflade, vil der ske en kondensation med ophobning af store fugtmængder til følge.

Kondensationen er skadelig, når fugttransporten går indefra og ud, som det er tilfældet, når der optræder overtryk i huset.

Utætheder i samlinger, kuldebroer o.l. vil ofte medføre en langt større risiko for fugttransport gennem konstruktionen med mulighed for kondensdannelse, end ved brug af en dampspærre med lav Z-værdi, hvor der vil forekomme diffusion.

Hvis en dampspærre ikke er monteret lufttæt, vil der opstå konvektion. Konvektion er luftstrømme der søger mod det lavere tryk. Det der sker, kan sammenlignes med en ballon der er fyldt med luft. Opstår der et hul i ballonen vil al den indespærret luft, der jo netop er under et højere tryk inde i ballonen end uden for, hurtigt finde vej ud til den omgivende luft.

Konvektion kan forstærkes ved vindpåvirkninger af bygninger, i det den vind der trænger ind i huset gennem utætheder på bygningens vindside, skaber et forøget overtryk i huse. På bygningens læside vil der opstå et undertryk der som vil suge den varme luft ud af bygningen.



### Eksempel:

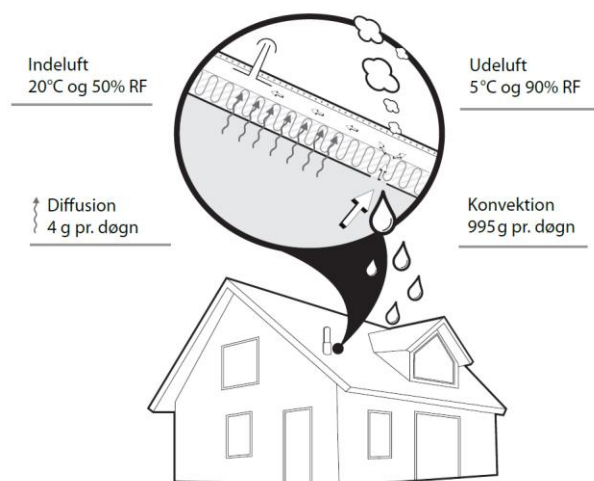
Forholdet mellem fugttransport ved diffusion og konvektion

Beregningen viser hvor meget fugt der om vinteren pr. døgn transporteres gennem loftet i et værelse i et enfamiliehus. Se figur nedenfor.

Det forudsættes, at der sker fugttransport ved diffusion gennem 20 m<sup>2</sup> dampspærre og fugttransport ved konvektion gennem en 1 m lang og 1 mm bred revne i samme dampspærre.

Der er benyttet følgende forudsætninger:

- Udeluft 5° C og 90 % RF
- Indeluft 20° C og 50 % RF
- Højde fra luftindtag til revne 6 m
- Vindhastighed 6 m/s
- Z-værdi af dampspærre 250 GPaxsxm<sup>2</sup>/kg



Der vil ved diffusion transporteres ca. 4 gram vand pr. døgn, mens der ved konvektion vil transporteres ca. 955 gram vand pr. døgn.

Fugttransporten ved konvektion er altså under disse forudsætninger mere end 200 gange så stor som fugttransport ved diffusion.

## Fugtbelastningsklasser

Bygninger inddeles i forskellige fugtbelastningsklasser alt efter, hvor stor fugtbelastningen regnes med at være i forhold til den daglige anvendelse. Bygninger inddeles i 5 fugtbelastningsklasser.

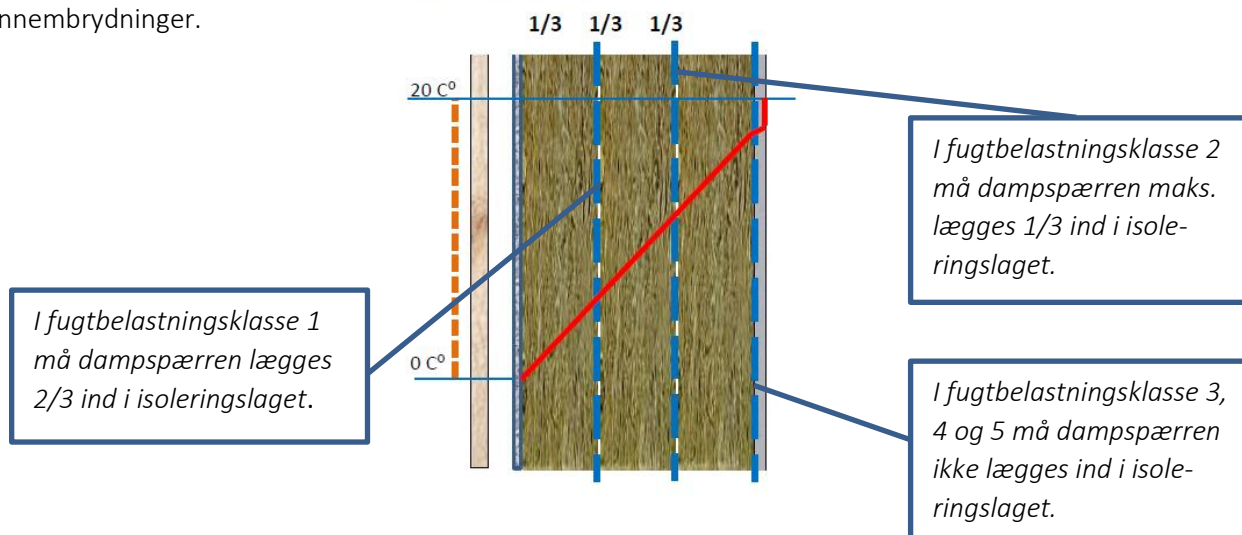
Fugtbelastningsklasse	Fugttilskud ved -5 til 0° C ude*	Bygningskategori**
1	2 g/m <sup>3</sup>	Tørre lagerhaller, idrætshaller uden tilskuere, industribygninger uden fugtproduktion
2	4 g/m <sup>3</sup>	Kontorer, forretninger, boliger med normal beboelsestæthed og naturlig ventilation
3	6 g/m <sup>3</sup>	Boliger med ukendt eller høj beboelsestæthed, idrætshaller med mange tilskuere
4	8 g/m <sup>3</sup>	Storkøkkener, kantiner, bade- og omklædningsrum
5	10 g/m <sup>3</sup>	Specielle bygninger, f.eks. vaskerier, bryggerier, svømmehaller

For alle klasser gælder, at fugtindholdet falder jævnt med stigende udetemperatur, i temperaturspændet 0 til 20° C. Ved temperature 20° C og derover regnes der, for alle klasser, med et fugttilskud på 1 g/m<sup>3</sup>

\*\* Skemaet viser den typiske sammenhæng mellem fugttilskud og bygningens anvendelse. En anden fugtbelastningsklasse kan vælges, hvis der foreligger måleresultater eller anden viden om aktuelle forhold.

Placering af bygninger i fugtbelastningsklasser har betydning for valg af dampspærre og for, hvor det fugtteknisk er forsvarligt at placere dampspærren i isoleringslaget.

Som udgangspunkt skal dampspærren – uanset rumklimaklasse – placeres på konstruktionens varme side. Hvis fugtbelastningen ikke er så stor, for eksempel fugtbelastningsklasse 1 og 2, kan dampspærren i stedet placeres et stykke inde i isoleringslaget (se nedenstående illustration). På den måde kan elinstallationer mv. monteres på den varme side af dampspærren uden større risiko for at ødelægge dampspærren med mange gennembyrninger.



## Isolering og efterisolering af bygninger

Kravene til bygningers energiforbrug er strammet betydeligt med de senere års bygningsreglementer. Det i sig selv, kan give problemer med fugtoghobning i konstruktionerne som gulv, ydervægge og tag. Dette forhold skyldes, at temperaturen i den yderste del af isoleringslaget bliver koldere end det har været tidligere da vi ikke isolerede så kraftigt som i dag. I det følgende vil blive gennemgået dugpunkter, og dermed fugtoghobning i bygningskonstruktioner, i nye bygninger, men med størst fokus på efterisolering af gulvkonstruktioner herunder krybekælderdek, tunge- og lette ydervægskonstruktioner og tagkonstruktioner.

Alle dugpunkter er beregnet ud fra minus 5°C og en relativ luftfugtighed (RF) på 90% udvendigt og 20°C og en RF på 50% indvendigt. Isoleringens  $\lambda$  0,037 (klasse 37 isolering)

Der er konstruktioner der er opført uden en egentlig dampspærre. Disse konstruktioner er isoleret med papir- eller træuldsisolering. Noget tyder på at disse konstruktioner kan fungere fugtteknisk, men det er stadig vigtig at etablere et luft lag af pap eller egnet plademateriale som EGGER OSB 4 TOP.

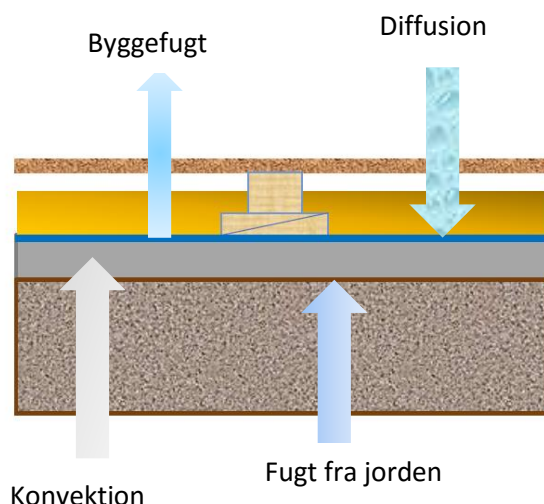
Den mulige årsag til det fugtteknisk kan lade sig gøre at opbygge konstruktioner uden dampspærre, skal ses i lyset af at celluloseholdige materialer ved kappilarsugning kan trække fugten ud til den udvendige overflade af isoleringslaget, hvor det ventileres væk.

## Gulvkonstruktioner

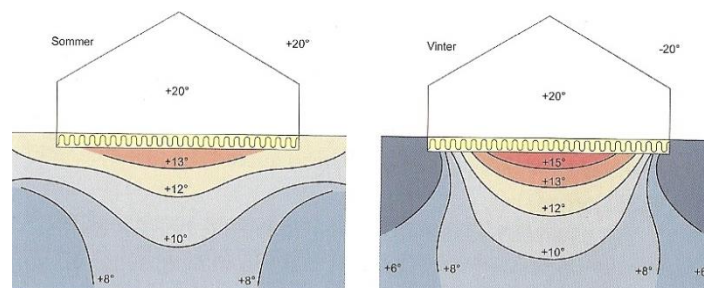
Gulvkonstruktioner mod terræn bliver påvirket af fugt fra flere kilder. Fra indeluften i form af vanddamp som søger mod den koldere underside af konstruktionen, fra terrænet under gulvkonstruktionen i form af fugt fra jorden, overfladevand, byggefugt og konvektion ved eventuelle utæthed i konstruktionen. Utætheder kan medføre et forhøjet radonindhold i indeluften, så der er vigtigt at gulvkonstruktionen udføres tæt.

Gulvkonstruktioner sikres mod opstigende fugt ved hjælp af fugtspærre og kappilarbrydende lag. Fugtspærren fungerer også som dampspærre. Men alt efter konstruktionsopbygningen og materialevalg, placeres dampspærren forskelligt. I dette afsnit gives der eksempler på damp- og fugtspærrens placering i de mest almindelige gulvkonstruktioner.

Temperaturforholdene under gulvkonstruktioner er forskellig alt efter om gulvkonstruktionen er tæt på soklen (randområdet), eller ligger over midterfeltet. Særligt om vinderen, er der stor forskel med soklen som det koldeste område. Midterfeltet får en del varme fra jordlaget under bygningen.



Figur 1: Gulvkonstruktioner mod terræn påvirkes af flere fugtkilder.



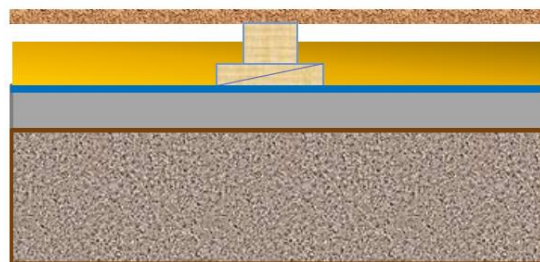
Figur: Forskel på temperaturer i terrænet under gulvet. Kilde: SBI 224

## Renovering og efterisolering af gulvkonstruktion

### Ingen isolering under betonen:

Hvis soklen er u-isoleret, må isoleringstykkelsen maksimalt være 50 mm i randzonen (1 – 1,5 m fra sokkel). Øvrig gulvzone maksimalt 75 mm.

Hvis soklen er isoleret, for eksempel ved letklynkeblokke, maksimalt 75 mm i hele gulvzonen.

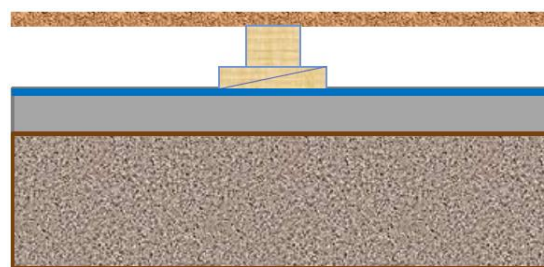


### Gammelt strøgulv ændret til svømmende gulv:

Strøgulvet fjernes og der udlægges 75 mm trykfast isolering, for eksempel Sundolitt S 250. Fugtspærren placeres under gulvpladen/trægulvet. Pas på gulvkoten!

U-værdien ved denne efterisolering blive forbedret fra 0,43 til 0,28. Det vil betyde en besparelse 1950 kWh/år på et hus på 130 m<sup>2</sup>

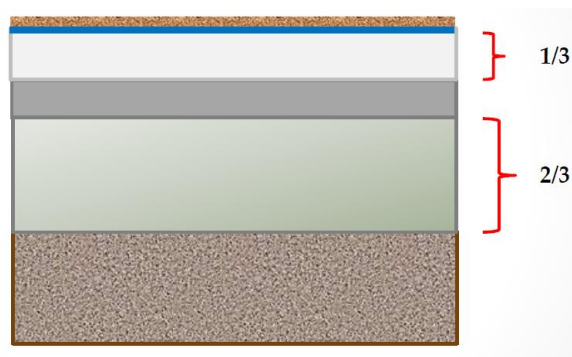
Det skal understreges, at nogle kommuner betragter udskiftning af et strøgulv på linje med en udskiftning af en konstruktion. Hvis den fortolkning skal følges, vil det betyde at der ikke skal udføres en rentabilitetsberegning. Det vil i de tilfælde betyde at hele gulvkonstruktionen skal brydes op, graves ud og isoleres i henhold til BR-10 / BR-15. Den såkaldte "bobcat metode".



Betragtes efterisoleringen ved udskiftning af strøgulv på linje med udskiftning af en tagbeklædning på lægter, skal der udføres en rentabilitetsberegning. Den vil i så fald vise at en udskiftning af betonen og udgravning er urentabel. Man skal så udføre den efterisolering der er rentabel – den næstbedste løsning ved gulvkonstruktionen kunne være som vist som i eksemplet.

### Isolering under betonpladen:

Er der isolering under betonpladen, må der placeres 1/3 af isoleringen over betonpladen

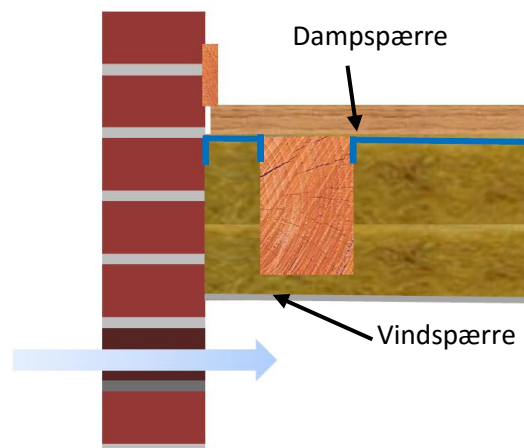


## Efterisolering af krybekælder

### Fugt og krybekældre:

En krybekælder kan fungere fugtteknisk godt. Men mange krybekældre er faktisk ret fugtige og er derfor ikke egnede til efterisolering.

En krybekælder modtager fugt fra terrænet, fugt oppe fra det opvarmede rum over krybekælderen. Her er der tale om varm luft som afkøles når det trænger gennem det overliggende gulv og afkøles hvorved den relative lufttighed stiger. Varm luft i sommerhalvåret strømmer også ind i krybekælderen gennem de nødvendige ventilationskanaler og afkøles med stigende relativ luftfugtighed til følge.



Ønsker man at efterisolere en krybekælder, skal følgende være opfyldt:

- Fri for fugt og skimmel
- Der placeres dampspærre under gulvet som udføres tæt
- Maksimalt 150 mm isolering så kælderen stadig modtager lidt varme oppefra
- Isoleringen bør fordeles, så der også er isolering under de bærende bjælker. Dette hindrer at bjælkerne bliver for fugtige i den nederste del
- Ventilationsarealet skal minimum være 1/50 af det bebygget areal – det vil ofte betyde en fordobling af det eksisterende
- Udluftningsriste 100 mm over terræn – og holdes rene
- Gerne en vindspærre af uorganisk materiale under isoleringen
- Plads i henhold til arbejdsmiljøreglerne, minimum 60 cm frihøjde når isoleringen er placeret.

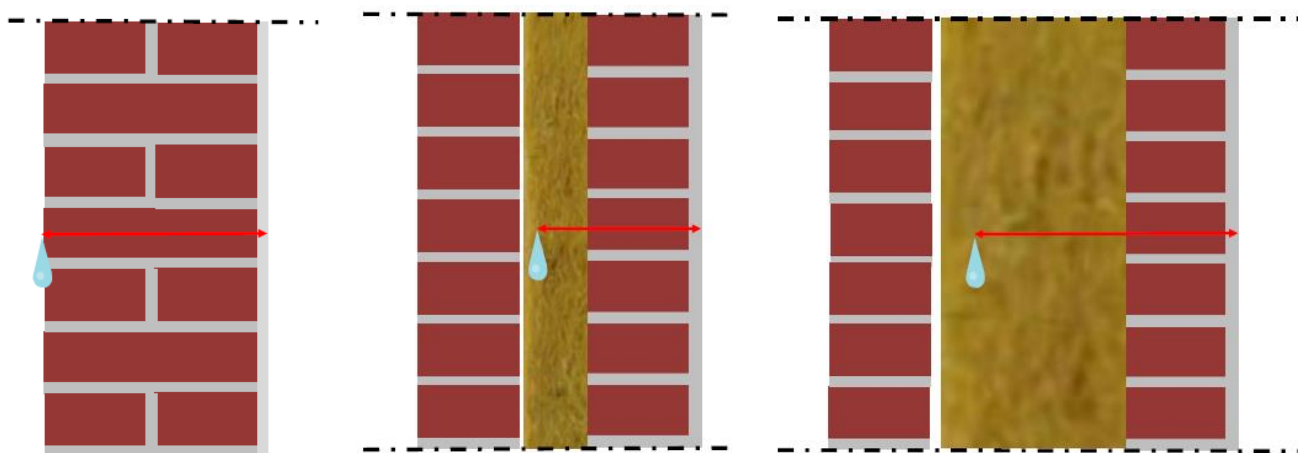
Tidlige har man fyldt hele krybekælderen op med isolering for eksempel med EPS eller papiruld. Dette kan bestemt IKKE anbefales. Det er ikke fugtteknisk forsvarligt selv om man etablerer en fugtspærre oven på det eksisterende gulv i krybekælderen så fugten fra undergrunden bremses.

Eventuelt kan der isoleres med papiruld i form af wet-spray. Her tilsættes papirulden en vandbaseret klæber. Herefter sprayeres blandingen direkte op under gulvet nede fra krybekælderen. Papiruld former sig om for eksempel strøer, så man undgår luftlommer som forårsager træk. Her gælder de samme krav som ved isolering med måtter med hensyn til ventilation, fugt og isoleringstykkelse.

Alternativt kan krybekælderen sløjfes og omdannes til terrændæk.

## Vægkonstruktioner

Tunge ydervægge er, alt efter byggeperiode opført meget forskelligt. Som udgangspunkt, er det vigtigt at få kvalificerede bistand inden man ændre på konstruktionerne. I de viste eksempler skal der tages hensyn til fugtforhold og i enkelte tilfælde også til de statiske forhold.



På illustrationerne ses henholdsvis en 24 cm massiv mur, 310 mm mur med 70 mm isolering og 446 mm mur med 200 mm isolering. Efterhånden som isoleringslaget øges flytter dugpunktet sig længere ind i konstruktionen. De udvendige mursten, som anvendes i nyt byggeri, bliver også koldere end i de mursten der sidder i ydervægge i ældre byggeri. Dugpunkterne er beregnet ud fra minus 5°C og RF på 90% udvendigt og 20°C og 50% RF indvendigt.

Efterhånden som temperaturen afkøles, stiger den relative fugtighed, se side 8. På et tidspunkt overstiger den relative fugtighed 100% og der kondensere vanddråber, dugpunktet er overskredet. Det har ikke så stor betydning i en uorganisk vægkonstruktion som murværk, i det en evt. fugtophobning i vinterhalvåret, udtørres igen i sommerhalvåret.

I konstruktioner med organiske materialer som ydervægge af træ og loft/tagkonstruktioner, er problemet større. Derfor er kravet til dampspærre/lufttæt lag steget i takt med kravet til tykkere isoleringslag.

Ved efterisolering af ældre bygninger kan der opstå problemer med fugtophobning i isoleringslaget. Dette kan skyldes at dampspærre tidligere ikke blev opsat med samme fokus på lufttæthed som i dag. Derfor er der risikoen for at fugt trænger ind i isoleringen ved konvektion, som kan medføre svamp og skimmelsvamp. Det kan derfor være nødvendigt at etablere ny tæt dampspærre i forbindelse med en efterisolering, eller bruge papir-, eller træuld som via kippilarsugning kan transportere fugten op til isolering overside hvor fugt bortventileres. Der er den samme måde træ udtørre på. Fugten i midten af træet suges ud til overfladen hvor det efterhånden ventileres bort.

## Indvendig efterisolering af tung ydervæg

Ved efterisolering af tunge ydervæge indvendigt, er risikoen stor for at der kan opstå skimmelsvamp i på væggene efterfølgende. Derfor er det ikke anbefalelsesværdigt. Teknologisk Institut har dog udgivet vejledninger til hvordan det kan gøres. Vejledningen kan hentes på [www.byggerioenergi.dk](http://www.byggerioenergi.dk). Problemet med skimmelsvamp ved efterisolering af ydervægge indvendigt, er den samme problematik med, at ændre man på isoleringslaget, så flytter dugpunktet sig. I dette tilfælde ind på ydervæggens inderside hvor der er tapet og tapetklister som er god næring for skimmelsvamp.

En ydervæg bliver påvirket af vand udefra og af vanddamp fra den varme luft, som ved diffusion, trænger ind i ydervæggen indefra.

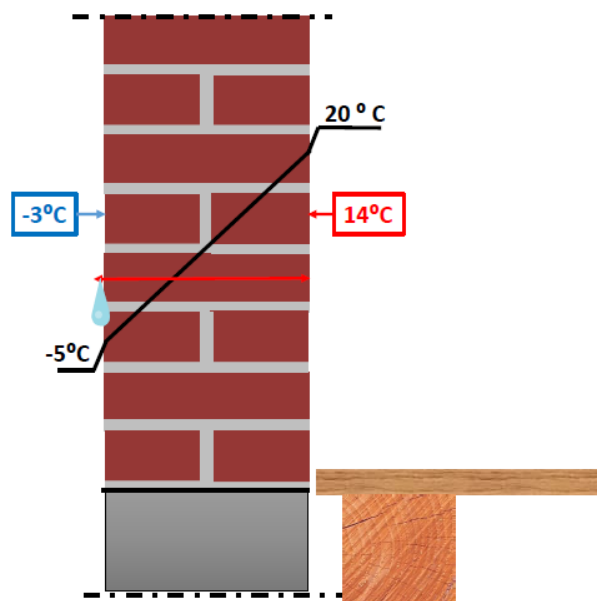
Der er derfor en række krav der skal være opfyldt inden man forsvarligt kan gennemfører en efterisolering af væggen indvendigt.

Murværket skal være i god stand og opfylde følgende punkter skal opfyldes:

1. Intakt fugtspærre
2. Fuger skal være tætte
3. Al organisk materiale fjernes
4. Maksimalt 100 mm isolering
5. Friholdt isolering
6. Tæt, evt. Fugtadaptiv dampspærre

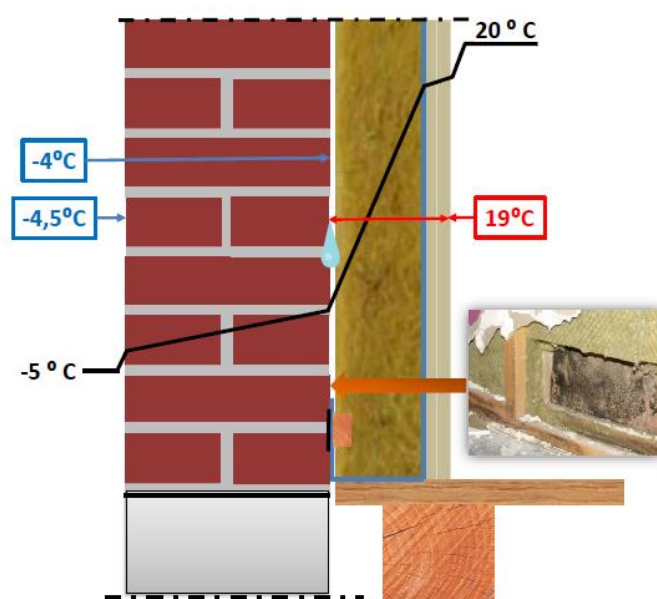
### Ad. 1

Ydervægge, hvor der sker opsugning af grundfugt ved kapillarvirkning er uegnet til indvendig efterisolering. Ydervæggen bliver koldere og grundfugten vil efterfølgende trække højre op i murværket, og fugtniveauet bag isoleringen øges i et større område. Er der ikke en intakt fugtspærre, må den etableres ved ud kradsning af nederste fuge i ca. 1 meters længde af gangen og derefter placere ny fugtspærre. Der fuges efter, inden næste meters ud kradsning.



Massiv helstensvæg: U-værdi = 2,08

Temperatur og fugtforhold er angivet ud fra:  
20°C og RF på 50%  
-5°C og RF 90%



Figur 1

Massiv helstensvæg: U-værdi efter etablering af fortsat væg = 0,31. Det giver en energibesparelse på ca. 85%.

Læg mærke til de ændret temperatur- og dugpunktsforhold. Dugpunktet er beregnet ud fra en konstruktion UDEN DAMPSPÆRRE.



Ad 2

Særligt ved massive vægge, er det vigtigt at fugerne er tætte og i god stand for at mindske slagregns indtrængen i ydervæggen

Ad 3

For at udgå skimmelsvamp er det nødvendigt at fjerne al organiske materiale i form af tapet og tapetklister. Dette forhold gælder også for de tilstødende skillevægge i det område fortsat væggen kommer til at dække.

Ad 4

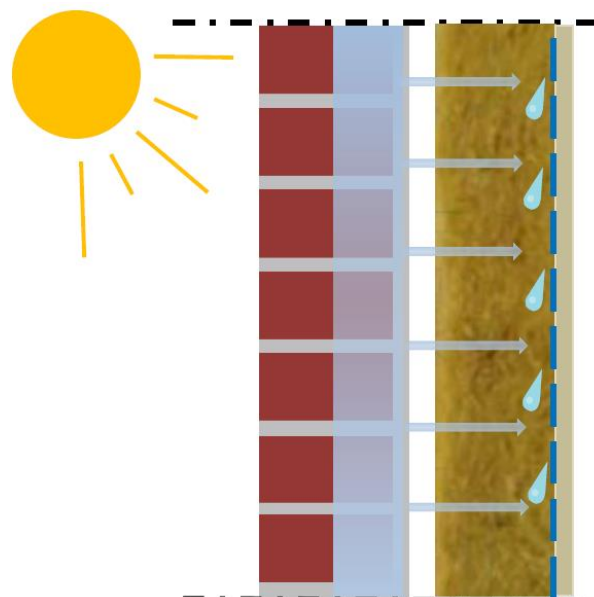
For at sikre en rimelig temperatur på den gamle væg inderside, anbefales det maksimalt af isolere op til 100 mm. Hvis der isoleres med tykkere lag vil temperaturen falde yderligere på indersiden af væggen og den relative fugtighed vil stige yderligere. Hvis der efterisoleres på hulmure i form af hulmursisolering, kan isoleringslaget øges.

Ad 5

Ved massivvægge er det især godt med en friholdt skeletkonstruktion. Det kan udligne eventuelle ujævnheder, og ren fugtteknisk forhindrer det isoleringslaget i opfugtning udefra. Halvstensvægge og bindingsværksvægge kan være så utætte, at en luftspalte på 30-50 mm som udluftes udefra er nødvendig. Det gør imidlertid at al varme indefra bliver taget fra den gamle ydervæg og den dermed bliver meget kold. Samtidig indgår den oprindelige væg ikke mere som en del af varmeisoleringen. Det bliver alene forsats væggen og dampspærren der varmeisolerer og sørge for den fugtbremsende virkning.

Ad 6

Dampspærren skal hindre, som altid, vanddamp i at trænge ud i konstruktionen hvor den afkøles og kan kondensere. Det indtegnede dugpunkt på fig. 1, gælder for konstruktionen UDEN DAMPSPÆRRE. Med veludført dampspærre burde der ikke opstå dugpunktproblemer på den oprindelige vægs indvendige side. Det er en fordel, hvis dampspærren bliver placeret et stykke inde i isoleringslaget for at beskytte den. Dampspærren kan maksimalt placeres 1/3 inde i isoleringen. Er den oprindelige væg isoleret, enten oprindeligt eller ved hulmursisolering (ikke leca!) kan isoleringen opdeles med 2 x 50 mm.



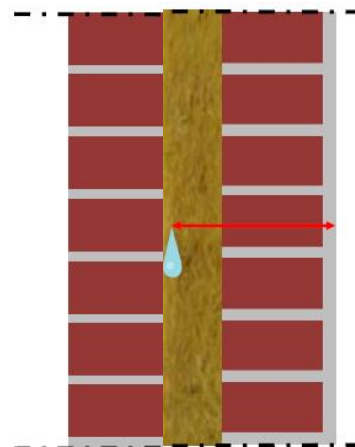
Figur 2: En fugtig væg som opvarmes af solen kan drive fugten ind i bygningen hvor temperaturen er lavere inde end på overflade af væggen yderside.

Dampspærren udføres tæt med klemt samling mod ydervæg, loft og tilstødende vægge. Dampspærren skal hindre fugt indtrængen i fortsat væggen ved diffusion og konvektion. Se fig. 1. For at hindre opfugtning af

forsat væggen via sommerkondens, kan der opsættes en fugtadaptiv dampspærre som tillader vandamp at passere når det relative fugtniveau bliver højt. Se fig. 2.

### Indblæsning af isolering i hulmur

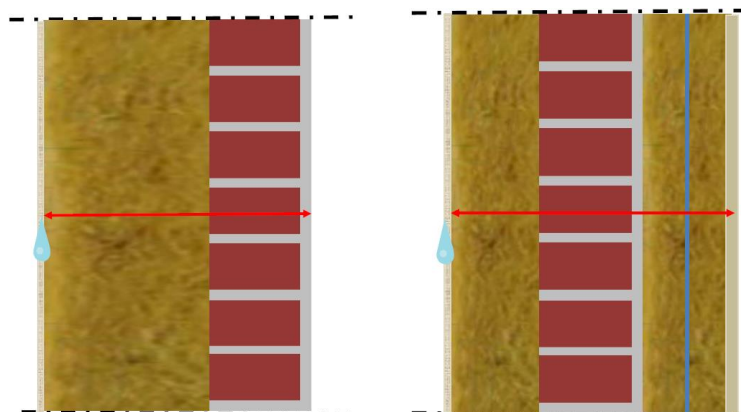
Ved indblæsning af isolering i hulmurer af teglsten, kan det ikke anbefales at anvende et isoleringsmateriale som er hygroskopisk som træ- og papiruld. Normalt er en teglstensmur ikke tæt over for vand, og der er derfor risiko for at vandindtrængen i hulmuren bliver ledt ind til bagmuren via isoleringsmaterialet. Dette kan medføre fugtskader og angreb af skimmelsvamp. Brug i stedet EPS-isolering, mineraluld eller Perlit.



### Udvendig efterisolering, tung ydervæg

Udvendig efterisolering er varme- og fugtteknisk at foretrække. 200 mm isolering er tilstrækkeligt til at opfylde bygningsreglements krav til en U-værdi på 0,20.

Er der ikke plads til 200 mm udvendig isolering, kan isoleringslaget deles op. I det viste eksempel, er der 100 mm isolering på hver side af halvstensmuren. Dugpunktets placering er i det viste eksempel, indregnet dampspærren diffusionsmodstand som udføres efter de anvisninger der i øvrigt gælder ved fortsat vægge. Se fig. 3.



Figur 3, eksempler på udvendig isolering af halvstensvæg. Samme metode kan naturligvis bruge på helstensvægge og hulmurre.

Dugpunktets placering, er i tilfældet med delt isolering, afhængig af en tæt dampspærre

Udvendig efterisolering kan enten klæbes på muren eller opbygges i træskeletkonstruktion. Det er i begge tilfælde vigtigt at isoleringen slutter tæt til det eksisterende murværk så der ikke opstår luftbevægelser bag isoleringen. Vælges en skeletkonstruktion, skal der opsættes vindspærre.

En hulmur vil blive meget tyk med en udvendig efterisolering. Alternativt kan formuren fjernes, ny isolering opsættes hvorefter en ny formur kan opføres. Det kræver kvalificeret bistand at vælge en sådan løsning. En del ældre bygninger har formuren som den bærende væg. Der skal i så fald tages helt særlige hensyn. Men selv om det er bagmuren der er den bærende væg, skal man sikre sig at bæreevnen er tilstrækkelig til at kunne bære uden formuren som stabiliserende del. Derudover skal soklens bæreevne også undersøges nærmere, i det den, al efter hvilken sokkelløsning man vælger, bliver mere eller mindre excentrisk belastede. Alternativt støbes et nyt fundament til den nye formur.

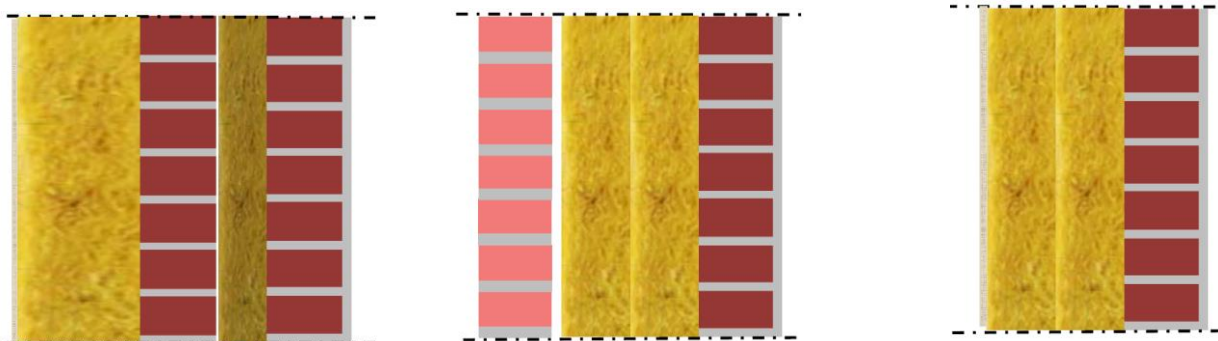


Fig. 4 Eksempler på uUdvendige isoleringer af ældre hulmur.

### Efterisolering, let ydervæg

Lette ydervægge kan enten efterisoleres udefra, indefra eller som en kombination af disse. I alle tilfælde er det vigtigt af dampspærren er i god stand og at dampspærren er placeret korrekt på den varme side af isoleringen efter merisoleringen er udført.

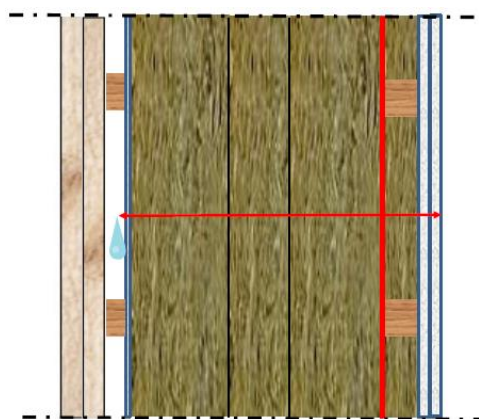


Fig. 5 Ny formur og ny isolering i hulmuren.

*De statiske forhold skal nøje undersøges inden man udfører denne løsning!*

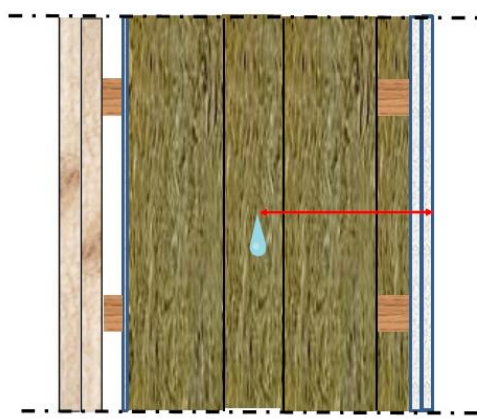


Fig. 6. Formuren er fjernet. Ny isolering med facade puds opsat.

*De statiske forhold skal nøje undersøges inden man udfører denne løsning!*



På illustrationerne fig. 7 og 8 kan man se vigtigheden af der etableres en tæt dampspærre, særligt ved tykke isoleringslag, kommer dugpunktet til at ligge langt inde i isoleringslaget med stor risiko for skadelig fugtophobning.

### Indvendig, efterisolering, let ydervæg

Dampspærren kontrolleres. Hvis den kan genbruges, må den maksimalt ligge 1/3 inde i isoleringslaget når efterisoleringen er foretaget. Er dampspærren ok, kan der efterisoleres uden på den eksisterende vægbeklædning når evt. tapet er fjernet.

Hvis den gamle dampspærre ikke kan opfylde disse krav, fjernes den og en ny etableres. Dampspærren skal være tæt udført og i øvrigt opfylde de samme krav som ved indvendig efterisolering af tung ydervæg.

### Udvendig efterisolering, let ydervæg

Udvendig efterisolering kan opbygges ved en påføring af en skeletkonstruktion uden på den eksisterende skeletkonstruktion.

Den eksisterende regnskærm fjernes. Vindspærren kan man eventuelt lade sidde hvis dens Z-værdi er lav, under 1. Er det en vindpap med forholdsvis høj Z-værdi, skal den fjernes.

Når regnskærmen fjernes, er der nødvendigt at tjekke om dampspærren er i god og tæt stand. Er den ikke det, kan en ny etableres udefra. Det betyder at den eksisterende isolering og dampspærren fjernes.

Der etableres vindspærre og ventileret hulrum. Den oprindelige regnskærm kan eventuelt genbruges.

Det kan ikke anbefales at bruge et system med facadepuds direkte på isoleringen i det vand kan trænge ind i konstruktionen, hvorefter fugten har svært ved at trænge ud igen.

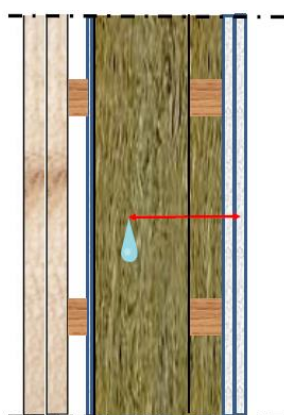
### Sommerhuse

Tidligere opførtes sommerhus ofte uden dampspærre. Det har i nogen grad ikke skabt problemer, da sommerhuse tidligere kun blev anvendt i sommerhalvåret, var utætte og at man i høj grad havde åbne vinduer og døre så temperatur og luftfugtighed var det samme ude som inde. På fig. 8, ses dugpunktet i isoleringslaget i en konstruktion uden dampspærre.

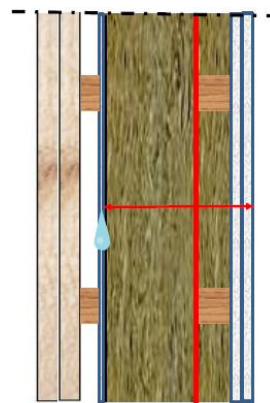
Bruges sommerhuset en større del af året, er der stor risiko for skimmelsvamp. Det vi i folkemunde kalder "sommerhuslugt".

Ved efterisolering af sommerhuse og i nye sommer huse, er det vigtigt at etablere en tæt dampspærre. Her kan det være en fordel at vælge en dampspærre med en lav Z-værdi på 50 eller eventuelt en fugtadaptiv dampspærre. Dette for at undgå sommer kondens i den periode af året, hvor temperaturen kan være højere ude end inde i huset. Se side 13.

En lav Z-værdi på dampspærren stiller krav om en vindspærre med endnu lavere Z-værdi. Vindpap, som ofte har været brugt, har en for høj Z-værdi. Dampspærrens Z-værdi skal være mindst 10 gange højere end vindspærrens Z-værdi. Dog bør man ikke vælge en vindspærre med en Z-værdi på mere end 3.



Figur 9- Konstruktion uden dampspærre kan ved tynde isoleringslag lade sig gøre i sommerhuse, der kun bruges i sommerhalvåret.



Figur 10- Konstruktion med samme isoleringstykkelse som fig. 9 med dampspærre. Dugpunktet ligger uden for isoleringslaget og sommerhuset kan derfor bruges hele året.

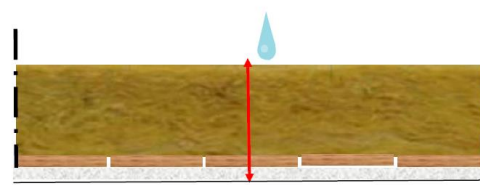
## Tagkonstruktioner

### Ventileret tagrum

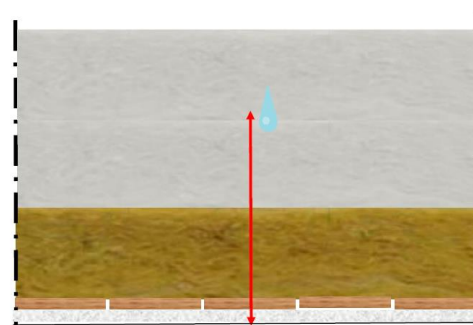
Efterisolering af tagkonstruktioner skal udføres, lige som andre bygningskonstruktioner, med omtanke. Tidligere kunne man uden problemer efterisolere gamle lofter med 12 mm rørpuds uden fugttekniske problemer. Dette forhold skyldes at det pudset loft virkede som relativt lufttæt lag og at man kun isolerede med en lagtykkelse på 100 til 150 mm. Som det ses af illustrationen til højre, kommer dugpunktet til at ligge over isoleringslaget og bliver ventileret væk fra tagrummet.

Efterisoleres et sådan loft, kommer dugpunktet til at ligge i isoleringslaget. Det betyder at der skal etableres en tæt dampspærre for at undgå et dugpunkt i isoleringen med råd og svamp til følge.

Det er vigtigt ved efterisolering af tagrum at ventilationen i tagrummet bibeholdes eller ligefrem øges. Temperaturen i tagrummet bliver koldere i takt med at isoleringslaget øges. Det bevirker at opstigende rumfugt, der kommer igennem en ældre dampspærre, der ikke er opsat med særlig henblik på tæthed, kondenserer i tagrummet. Man bør derfor sikre sig ved efterisolering, at dampspærren er i god stand og udført tæt. Ellers må man tætne den eksisterende eller erstatte den med en ny tæt dampspærre, eller vælge celluloseholdig isolering som Papir- eller træuld.



Loft med rørpuds og 100 mm isolering – dugpunktet ligger over isoleringslaget.



Loft efteriseret med 200 mm isolering – i alt 300 mm isolering. Dugpunktet ligger i isoleringslaget. For at undgå det er der vigtigt med en tæt dampspærre, eller anvende celluloseisolering.

Den nye dampspærre kan etableres oppefra (en såkaldt karløsning), hvilket er vanskelig og svært at udfører, eller nedefra. Den sidste løsning kræver at det eksisterende loft fjernes.

Der er udført mange efterisoleringer hvor man har valgt at bruge celluloseisolering, som træ- og papiruld, der fugtteknisk fungerer. Dette forhold blev eftervist af By og Byg FORSK07.

### Klip fra FORSK07

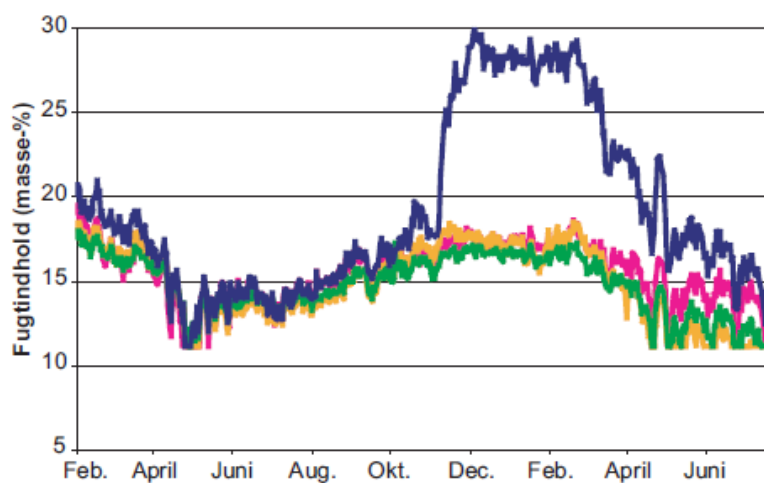
#### **Dampspærre overflødig ved papirisolering**

By og Bygs målinger er foretaget ved hjælp af fugtmåledyvlere anbragt forskellige steder i træfacadeelementer monteret i instituttets fugtforsøgshus. Her har man også foretaget sammenlignende målinger af fugtophobningen i facadeelementer isoleret med henholdsvis papirisolering og mineraluld. Målingerne viser at brugen af dampspærre har stor betydning for fugtophobningen i facadeelementernes yderste dele når facadeelementet er isoleret med mineraluld. I vinterperioden kunne forskerne således konstatere en uacceptabel høj fugtophobning på knap 30 pct. (træ-fugt) i elementer isoleret med mineraluld uden dampspærre. Dvs. en halv gang højere end faregrænsen for svampeangreb, og dermed tæt på træets fibermætningspunkt.

Derimod er hverken dampspærre eller dampbremse nødvendig når der bruges papirisolering. Her kunne forskerne registrere et maksimalt fugtindhold på 18 pct. (træ-fugt). Asta Nicolajsen påpeger dog at dampbremse kun bør udelades hvis lufttæthed i konstruktionen sikres på anden måde og der samtidig er et passende forhold mellem vindspærrens og den indvendige beklædnings diffusionsmodstand.

Benyttes dampspærre, har valget af isoleringsmateriale ingen betydning for fugtindholdet.

Årsagen til at denne løsning med celluloseisolering ser ud til at fungere fugtteknisk, er materialets evne til at suge fugt til sig og på den måde får eventuel fugt op til overfladen af isolering hvor den ventileres væk. Fuldstændig som træ udtørre ved at trække fugten ud fra den indvendige kerne til overfladen og derfra bortventileres fugten.



- 285 mm mineraluld med dampspærre
- 285 mm mineraluld uden dampbremse eller dampspærre
- 285 mm papirisolering uden dampbremse eller dampspærre
- 285 mm papirisolering med dampbremse

***I de undersøgte elementer er der stor forskel på fugtindholdet med og uden brug af dampspærre når der isoleres med mineraluld, men ikke når der isoleres med papir.***

**Efterisoleres der nedefra**, skal en eksisterende dampspærre fjernes. Hvis der er rørpuds kan det fjernes eller diffusionsmodstanden kan reduceres ved at fjerne belægninger på pudsen med en stålbørste.

Den nye dampspærre klemmes mod væggen med et bagvedliggende butylbånd og kan efterfølgende klæbes med den øvrige dampspærre. Det er en fordel at dele det nye isoleringslag således at dampspærren kommer til at ligge maksimalt 1/3 inde i isoleringslaget.

Efterisolering nedefra belaster arbejdsmiljøet. Her skal der anvendes P2-masker (gerne turbomaske), øjenbeskyttelse, dragt og hansker.

### Ventileret paralleltag

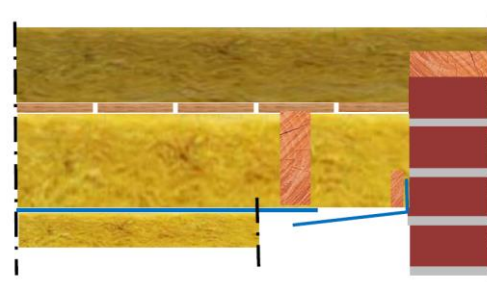
Ventilerede paralleltage kan isoleres indefra eller udefra. Vælges der at isolere indefra kan samme fremgangsmåde anvendes som ved efterisolering af loft nedefra. Arbejdsmiljømæssigt anbefales det ikke at isolere nedefra. Det er ikke ulovligt, men kræver egnet personlige værnemidler som dragt, briller og maske. Det skal vurderes om den eksisterende dampspærre er i god stand og tæt. Kommer den eksisterende dampspærre til at ligge mere end 1/3 inde i isoleringslaget regnet fra den varme side, fjernes den under alle omstændigheder.

Er undertaget diffusionsåbent, kan eventuel ventilationsspalte udnyttes til isolering. Det er vigtigt at undertaget er i god stand, og at den nye dampspærre udføres med stor fokus på lufttæthed når man vælger at fjerne ventilationsspalten, og omdanne tagkonstruktionen til uventileret paralleltag. Når isoleringen blæses ind, skal det sikres, at undertaget ikke presses ud i en bue som lukker for ventilationen. Dette kan hindres med undertagsstrammere eller lister under taglæggerne.

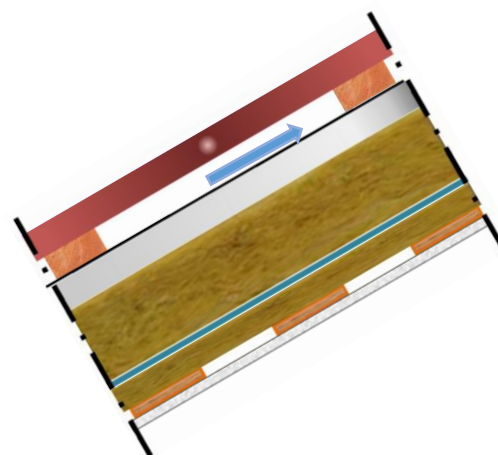
Efterisolering udefra er oplagt når tagbelægningen alligevel står for en udskiftning. Det skal vurderes om den eksisterende dampspærre er i god stand og tæt. Vælges ny diffusionsåbent undertag, kan hele spær dimensionen udnyttes. Men herudover, vil det ofte være nødvendigt med en påforing på spærene så der er plads til det lovpligtige isoleringsslag.

Vælges diffusionstæt undertag, hvilket fugtteknisk er at foretrække, skal ventilationsspalten over isoleringslaget være 70 mm ved banevare og 50 mm ved fast undertag.

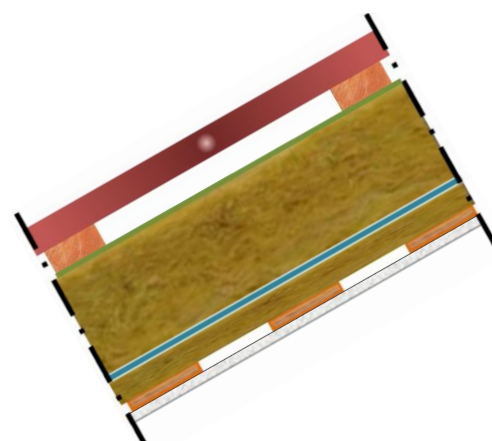
Uanset om man vælger at efterisolere ude- eller indefra, skal der udføres tætte og effektive vindskot ved spærfoden.



*Efterisolering af loft nedefra.*



*Ventileret paralleltag kan efterisoleres ude- eller indefra. I begge tilfælde kræver det en tæt dampspærre og effektive vindskot ved spærfod.*



*Ventileret paralleltag omdannet til uventileret paralleltag ved efterisolering*

## Skorstensgennemføringer

1. Installation med loftgennemføring eller etageadskillelse. Se fig. 1 og fig. 2.

### Afstand til brændbart materiale min. 25mm.

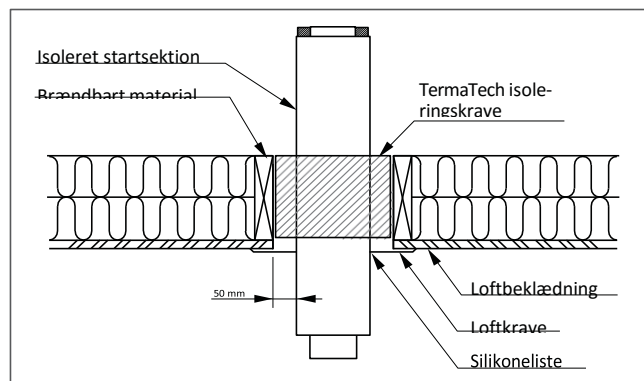
2. Bemærk hvor bygningsreglementet kræver isolering helt ind til skorstenen, skal der holdes en afstand på min. 50mm til brændbart materiale. Afstanden på 50mm er gældende ved anvendelse af TermaTech isoleringskrave monteret omkring skorstenen. Minimum afstand til brændbart materiale på 25mm er kun gældende hvor der ikke er isoleret omkring skorsten dvs. hvor der er fri luftpassage omkring selve skorstenen.

3. Installation med loftsgennemføring og tætning på nederste side (loftkrave), samt montering af dampspærremanchet og isolering med 200 Rockwool Flexi A-batts, der ligger tæt ind mod dampspærremanchetten. Se fig. 3.

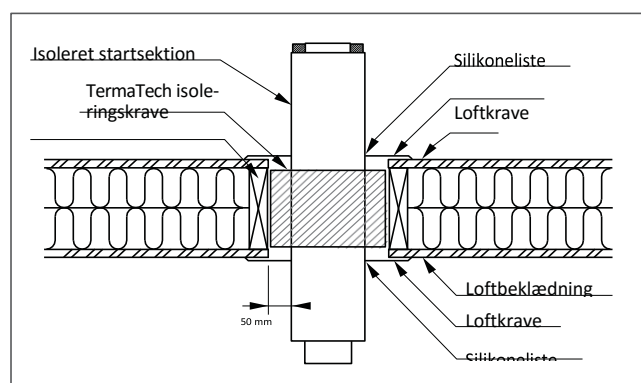
### Afstand til brændbart materiale min. 100mm

4. Såfremt isoleringstykkelsen på loftet eller ved etageadskillelsen overstiger 200mm, skal det overskydende isoleringsmateriale fjernes efter montage af TermaTech isoleringskrave. Se fig. 4. Dette er også gældende ved anvendelse af dampspærremanchet.

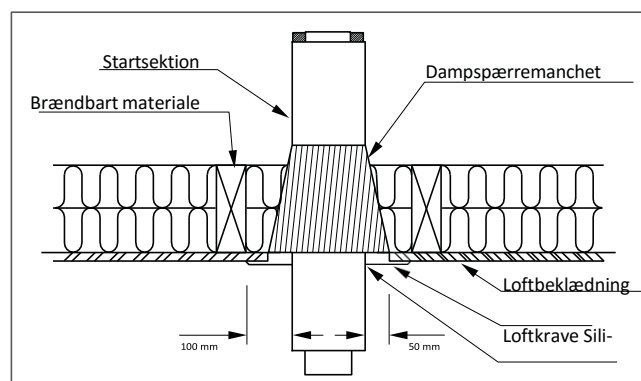
**Kilde: TermaRech**



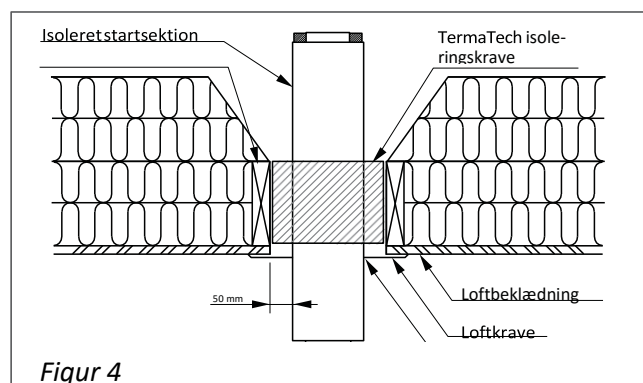
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4



## Uventileret paralleltag

Mange tage er udført med diffusionsåbent undertag, og for at udnytte spærhøjden til de kraftige isoleringslag der kræves i dag, udføres det som uventileret tag

Uventileret tag er fugteknisk kompliseret. Under byggefasen er det overordentlig vigtig at der ikke isoleres med våde materialer og at konstruktionen ikke bliver udsat for nedbør. Det sker alt for ofte disse krav ikke overholdes. Derudover skal undertag og dampspærre udføres korrekt. Er dampspærren utæt, stiger vandamp op i isoleringslaget ved konvektion og kondenserer. Fugt bliver på denne måde fanget mellem dampspærren og undertaget.

I uventileret konstruktioner kan det være en fordel at anvende fugtadaptive dampspærre. Men det skal gøres med omtanke. Hvis der senere udføres nedhængt loft, vil der opstå skimmelsvamp i rummet over det nedhængte loft. Se side 41

Fugtadaptive dampspærre fungerer med variabel Z-værdi der lukker op eller i i forhold til den relative luftfugtighed. Det bevirker at fugt der er ophobet i isoleringen, kan drives tilbage i rummet under og ventileres væk med den almindelige ventilation. Fugtadaptive dampspærre skal udføres med samme fokus på tæthed som almindelige dampspærre.



*Eksempel på loftrum der er isoleret med våd isolering. Der er kraftig vækst af skimmelsvamp. Ventilationen i loftrum er IKKE tilstrækkelig til udtørring af isoleringsmaterialet.*

## Flade tage

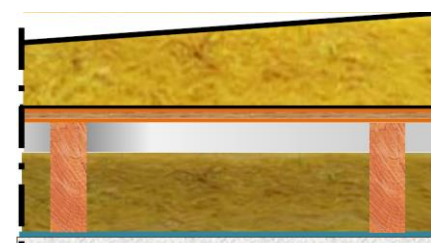
Udvendig efterisolering af flade tage, kan udføres direkte på den eksisterende tagmembran. Tagmembranen vil herefter fungere som den efterisolerede konstruktions dampspærre. I hvilken stand den eksisterende dampspærre er i er irrelevant. I princippet vil der opstå en fugtfælde i konstruktionen, Fugtfælden vil imidlertid være placeret på den varme side af dampspærren så risikoen for fugtproblemer vil være lille. Alternativt perforeres den eksisterende dampspærre.

Følgende betingelser skal være opfyldt:

- Eksisterende isolering skal være tør
- Eksisterende tagmembran skal være diffusionstæt
- Eksisterende tagmembran rengøres og efterses for skader
- Lunker og buler udbedres. Lunker kan udlignes med strimler af tagpapstrimler. Buler punkteres og tættes
- Efterisoleringen fastgøres efter leverandørens anvisninger
- Hvis der ikke er fald på taget, kileskæres det nye isoleringslag i forholdet 1:40
- Isolering lægges med minimum 2 gange den eksisterende isoleringstykkelse over hele taget



*Uventileret paralleltag med tagpap. Over isoleringen kan der være et uventileret hulrum. I nyere konstruktioner vil hulrummet ofte være udfyldt.*



*Fladt tag efterisoleret med kileskåret isolering. Den eksisterende diffusionstætte tagmembran kommer til at fungere som dampspærre*

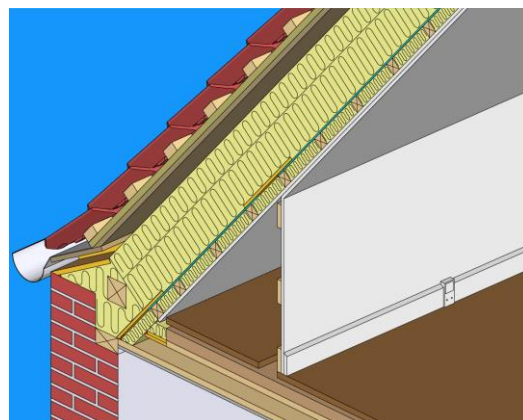
- Eventuel ventilationsspalte skal være åben minimum det første år. Ventilationsspalten må ikke lukkes før træfugten i tagrummet er nede på 15- 17%. Derefter isoleres ventilationsspalten, og først herefter opnås energibesparelsen

***Fugtteknisk mener jeg (forfatteren), at denne konstruktion er forbundet med stor risiko for fugtskader!***

## Skunkrum

Skunkrum kan efterisoleres på forskellig vis. Er pladsen meget snæver, kan man alternativt fylde skunkrummet med indblæst isolering. Det skal naturligvis udføres fugtteknisk forsvarlig under hensyn til nødvendig ventilation af tagkonstruktionen.

Udføres efterisolering af paralleltag udvendigt, er der også den mulighed at føre isoleringen helt ned til tagfoden og derved omdanne skunken fra kold til varm skunk. Vælges denne løsning er det vigtig at den eksisterende dampspærre i skunken fjernes og en ny tæt dampspærre føres parallelet ned med isoleringen imellem spærrenerne.



*Eksempel på kold skunk omdannet til varm skunk. Den eksisterende dampspærre fjernes.*



*Foto: Jan H. C.*



*Foto: Jan H. C.*

*Eksempel på en tidligere kold skunk som der er blevet omdannet til en varm skunk. Desværre er den eksisterende dampspærre ikke fjernet. Der burde være etableret en ny tæt dampspærre parallelt med den nye isolering.*

*Barneværelses blev herefter massivt angrebet af skimmelsvamp. På billedet til højre ses barnets bamse tæt besat med skimmelsvamp. Familien er senere flyttet ud af lejemålet.*

## Dampspærre og fugtspærre

Betegnelserne dampspærre og fugtspærre er fællesbetegnelser for flere forskellige produkter. Et bestemt produkt kan for eksempel godt være både en dampspærre og en fugtspærre – alt afhængig af, hvor i en konstruktion og med hvilken funktion, det anvendes. Der findes dog også produkter, som udelukkende anvendes som enten dampspærre eller fugtspærre.

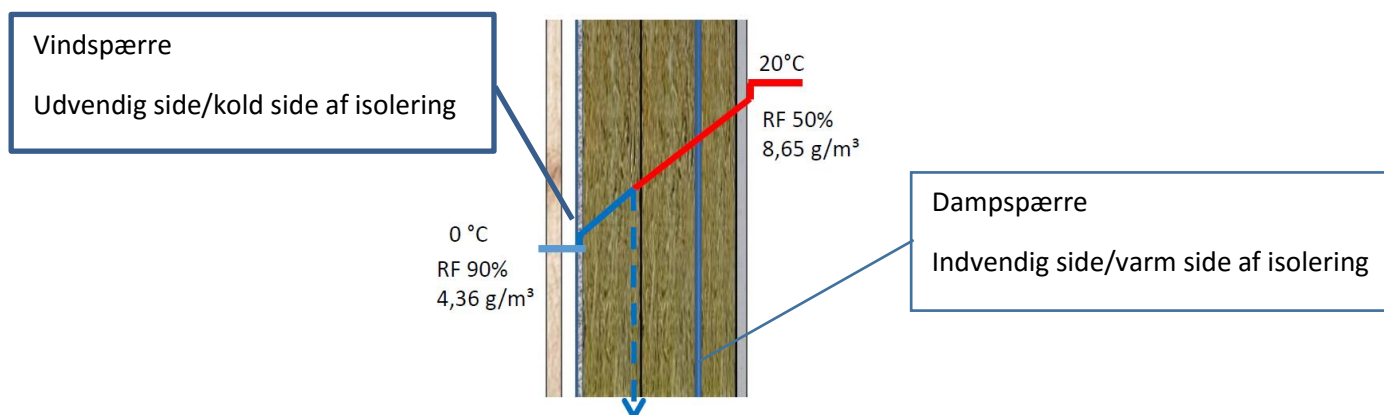
En dampspærre er typisk en banevare i form af en folie eller en membran med en høj diffusionsmodstand. Altså et materiale, som vanddamp har svært ved at trænge igennem. Der kan dog også forekomme dampspærreløsninger af plademateriale eller membraner, der er påført i flydende form, som vi kender det fra vådrumssystemer.

Den mest sikre dampspærreløsning opnås ved at anvende dampspærresystemer, hvor leverandøren også leverer tilbehør som for eksempel tape, manchetter, fugemasser mv., der passer til den valgte dampspærre. Sådanne systemløsninger.

En dampspærre har to funktioner:

1. Den forhindrer, at der trænger fugt ud i isoleringslaget.
2. Den medvirker til at gøre en bygning lufttæt.

Dampspærren skal forhindre den varme, fugtige rumluft i at trænge ud i konstruktionen. Det er vigtigt, at dampspærren er mere diffusionstæt end de lag, der er placeret på den kolde side af isoleringen, ellers trænger fugten ud i isoleringslaget og ophober sig der.



Hvis dampspærren er mindst 10 gange tættere end lagene på den kolde side af isoleringen, betragter man konstruktionen som sikker i forhold til fugtophobning i isoleringslaget. Dampspærrens Z-værdi skal dog være mindst 50 GPa·s·m<sup>2</sup>/kg i beboelsesrum. Hvis der skal anvendes en dampspærre med lavere Z-værdi, bør det kun ske i samråd med leverandøren af dampspærren, for eksempel i forbindelse med systemløsninger.

I vådrum bør vådrumssystemet, som samtidig udgør/fungerer som en traditionel dampspærre og supplerende dampspærre, have en Z-værdi på mindst 100 GPa·s·m<sup>2</sup>/kg. Det skyldes den ofte høje luftfugtighed i sådanne rum.

Ud over at hindre opfugtning af de tag-, gulv-, og udvendige vægkonstruktioner, skal dampspærren også medvirke til at sikre lufttæthed i bygningen. Lufttætheden hindrer et unødvendigt højt energiforbrug.

Det er normalt vigtigere at samlinger, gennemføringer og lignende i dampspærren er lufttætte, end at dampspærren er diffusionstæt. Det skyldes, at fugttransport ved konvektion som regel er langt større end ved diffusion. *Se side 26 og frem.*

### Valg af dampspærre

En bygnings fugtbelastningsklasse – og dermed indeklimaets fugtbelastning – har afgørende indflydelse på valg af dampspærre og konstruktionstype. I normale konstruktioner, dvs. fugtbelastningsklasse 1 og 2, kan der anvendes dampspærre med en forholdsvis lav dampdiffusionsværdi, mens der i konstruktioner i fugtbelastningsklasser 3, 4 og 5 skal vælges dampspærre med en noget højere dampdiffusionsværdi. *Se side 28*

### Dampspærre med høj Z-værdi

#### Plastfolie (PE-folie)

PE-folie er en plastfolie af PolyEthylen, hvor platen fungerer som den dampdiffusionstætte del.

Plastfolien fås i dag i flere tykkelser og med eller uden armering.

For at sikre god lufttæthed bør der anvendes PE-folie med en vis robusthed. Erfaringen viser, at robustheden typisk opnås med en PE-folie med en tykkelse på minimum 0,20 mm, men der er dog udviklet tyndere PE-folier med samme styrke, fleksibilitet og rivestyrke.

Ved samlinger og gennembrydninger kan PE-folie være vanskelig at få til at klæbe fast. Tape og folieklæber holder godt på PE-folie, men klæbemidler som fx silikonefugemasse holder ikke.



*Eksempler på dampspærre af PolyEthylen (PE-folie). Foto: Jan H. C.*

#### Aluminiumbaseret dampspærre

En aluminiumsbaseret dampspærre er opbygget med et tyndt aluminiumslag, der fungerer som diffusionsbremsende lag. Aluminiumsdampspærren har en meget stor Z-værdi. Aluminiumslaget er limet på et bærelag, som kan være kraftpapir (alukraft) eller et armeringslag lamineret med plast. Den ikke-armerede udgave er mere sårbar overfor mekanisk påvirkning end den armerede.



*Aluminiumsbaseret dampspærre. Denne type er armeret med et net af plastiktråde. Foto: Jan H. C.*

### Bitumenbaseret membran

Tagpap kan anvendes som dampspærre, specielt ved større fugtbelastninger som for eksempel rumklimaklasse 3-5. Tagpap har den fordel at det kan udføres fuldstændigt lufttæt, da samlinger bliver svejset eller klæbet sammen. Tagpappen skal dog være egnet til indvendig brug!



*Bitumenbaseret dampspærre/  
tagpap. Foto: Jan H. C.*

### Fugtspærre

Fugtspærre er en fællesbetegnelse for produkter, der bruges til at forhindre fugt i at vandre fra et materiale til et andet. For eksempel anvendes en fugtspærre ofte mellem træ og murværk/beton for at hindre, at murværket/betonen opfugter træet.

Fugtspærre anvendes også ned mod terrændæk for at sikre, at fugt fra jorden under huset ikke trænger ind i bygningsdele, for eksempel i trægulvet. Samtidig hindrer fugtspærren også, at den varme fugtige indeluft ikke trænger ned i terrændækket. Når en fugtspærre er udført lufttæt hindrer den også radon i at trænge op fra undergrunden og ind i bygningen. Det vil sige, at fugtspærren faktisk løser 3 problemer. Fugt og Radon fra undergrunden og samtidig beskytter mod fugt fra indeluften.

En fugtspærre er normalt kraftigere og tættere end en dampspærre. Fugtspærren kan være udført af PE-folie, bitumen eller som vådrumssystem.



*Særlig stærk PE-folie som med  
fordel kan anvendes til fugt-  
spærre. Kan også anvendes som  
dampspærre. Foto: Jan H. C.*

### Dampspærre/dampbremse med lav eller variabel Z-værdi Plademateriale

Ved pladematerialer forstås krydsfiner, gips eller lignende. Pladematerialer anvendes især i lavenergihuse, hvor man vil have stor tæthed. Fordelen ved at anvende plademateriale er robustheden, som beskytter mod, at der under og efter opsætning uforvarende laves gennem-brydninger i tæthedsplanet.

Plademateriale er et godt underlag at tætne på/op mod ved gennem-brydninger som fx ventilations- og elinstallationer. Alle samlinger fuges og tapes. Det kan være et problem at opnå tæthed i samlinger mellem plader og i overgangen til tilstødende materialer. Sådanne samlinger skal derfor udføres ekstra omhyggeligt.



*OSB-plader. De kan i den rigtige  
kvalitet (EGGER OSB 4 TOP eller lig-  
nede kvalitet) anvendes som damp-  
spærre ved papir eller træuldsisole-  
ring. Anvendes ofte i bæredygtigt  
byggeri. Foto: Jan H. C.*

## Fugtadaptiv dampspærre

Fugtadaptive dampspærre har en variabel Z-værdi. Z-værdien afhænger af omgivelsernes relative luftfugtighed.

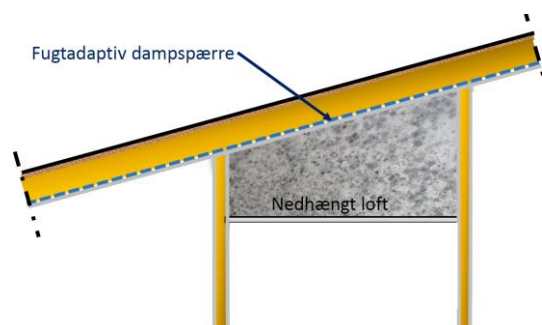
Ved en lav relativ luftfugtighed har den fugtadaptive dampspærre en høj Z-værdi, og ved en høj relativ luftfugtighed har fugtadaptive dampspærre en lav Z-værdi.

En dampspærre med lav Z-værdi kan medvirke til udtørring af konstruktionen. Der er dog en række betingelser, der skal være opfyldt, for at fugtadaptive dampspærre virker. Det betyder, at fugtadaptive dampspærre ikke kan anvendes i alle konstruktionstyper. Hvis man benytter en fugtadaptiv dampspærre i de høje rumklimaklasser 3-5, kan det resultere i alvorlige fugtproblemer i konstruktionerne.

Her ses et andet problem der kan opstå ved anvendelse af fugtadaptive dampspærre. Et nyt hus med ensidig tagfald og u-ventileret tag for efterfølgende i et værelse monteret et nedhængt loft. 3 uger efter et loftrummet fyldt med skimmel. Årsagen er, at den fugt som via den fugtadaptive dampspærre trænger ind i rummet ikke mere bliver luftet ud med den almindelige udluftning. Løsningen blev udluftning af loftrummet ved hjælp af genvekslingsanlægget



Eksempler på fugtadaptiv dampspærre. Intello til venstre og Vario til højre. Foto: Jan H. c.



## Vindspærre

For at undgå luftstrømninger i isoleringslaget som reducerer isolansen, kan det være nødvendigt med en vindtæt afdækning. Vindspærren skal opfylde flere krav:

### 1. Z-værdi/diffusionsmodstand

- Diffusionsmodstanden skal være mindst 10 gange lavere end den samlede dampdiffusionsmodstand på isoleringens varme side. I fugtbelastningsklasse 1 og 2 kan der, ved en fugt-teknisk vurdering, nøjes med en forskel på 5 gange lavere dampdiffusionsmodstand. Uanset om der er en faktor 5 eller 10 mellem indvendigt og udvendig diffusionsmodstand, bør man ikke anvende en vindspærre med en Z-værdi på mere end 3

### 2. Lufttæthedstal

- I Danmark er der ingen særlige krav til lufttæthed for vindspærre. Det har man i for eksempel i Norge og Finland. Finland stiller de strengeste krav nemlig  $14 \times 10^{-6} \text{ m}^3(\text{m}^2 \text{ s Pa})$ . Nogle tror, fejlagtigt, at en høj Z-værdi også giver en høj lufttæthed. Det er dog ikke altid tilfældet. En OSB-plade klasse 3 eller 4 har ca. Z-værdi 3 har gode egenskaber med hensyn til lufttæthed, hvorimod en PE-folie 0,20 mm med en Z-værdi på 500 – 800 har et noget ringere egenskaber i forhold til lufttæthed

### 3. Brandkrav

- Bygninger hvor kravet til den udvendige overflade kan udføres som kl 2 beklædning ( $K_{10} D_{-s2, d2}$ ), er der ingen brandkrav til vindspærren. Her kan anvendes forskellige typer af banevare og træbaseret plader. Ved højere brandklasser, se *TRÆ 66 fra træinformation*, kan der anvendes cementspånplader eller en uorganisk kalciumsilikatplade som typisk har en Z-værdi omkring 1,7

## Eksempler på Vindspærre

### Plader

#### Kalciumsilikatplade

Kalciumsilikatplader er diffusionsåbne uorganiske vindspærre. De hindrer råd og svamp. Har en Z-værdi mellem 1,5 til 3.0 alt efter hvilken brandklasse og kvalitet men vælger i forhold til hvor lang tid de kan stå uafdækket. Opfylder kravet til klasse 1 beklædning.



Kalciumsilikatplade,  
foto: CEMBRIT

### Asfaltimpregneret træfiberplader

Diffusionsåben organisk vindspærre fremstillet af nåletræ. Der anvendes ikke lim i fremstillingen. Træfibrene limes sammen med træets eget ligninindhold i træfibrene. Z-værdien ligger normalt mellem 1- 3. Pladerne kan ikke brandklassificeres. Pladerne er resistente over for råd og svamp.



*Vindspærre af asfaltimpregneret træfiberplader. Foto: Hunton*

### Cementspånplader

Spånplade hvor bindemidlet er cement. Z-værdien ligger mellem 1-3, det er et klasse A materiale, klasse 1 beklædning. Pladerne er resistente over for råd og svamp. En stærk plade som kan tåle af stå helt uafdækket og rigtig god til vindafstivning



*Vindspærre af cementspånplade. Foto NPI A/S*

### Hårde oliehædede træfiberplader

Træfiberplader som er dyppet i olie inden hærningen. Kan anvendes hvor der ikke stilles krav til kvaliteten. Pladerne har en Z-værdi mellem 1- 3. Pladerne kan ikke brandklassificeres.



*Vindspærre af oliehærdet træfiberplade. Foto NPI A/S*

### Vindgipsplader

Impregneret gipskartonplader har en Z-værdi mellem 0,5 – 1 og er i brandklasse A materiale klasse 1 materiale. Plader er fugtfølsomme og kan ikke stå uafdækket. Stiller krav til stor lufttæthed i bagvæggen. Kan ikke anbefales til udsat byggeri og byggeri i højden. Angribes let af skimmelsvamp.



*Vindspærre af gipskartonplader. Foto: Knauf Danogips*

*Vindgips angrebet af skimmelsvamp. Foto BygErf*





## Banevare

### Let asfaltpap (vindpap)

Vindpap er en banevare som har været meget anvendt. Imidlertid skal man passe på med at vælge netop denne form for vindspærre, i det disse typer kan have en forholdsvis høj Z-værdi omkring de 8. Jo større isoleringstykkelse og forholdsvis åbne dampbremsesystemer, kan der komme et misforhold mellem dampbremsen og vindspærre der kan skabe skadelig fugtophobning i vægkonstruktionen. Kan ikke brandklassificeres.



*Vindspærre af asfaltpap. Foto, ICOPAL*

### Vindspærre af kunststoffer

Denne form for vindspærre, er meget lette og har en høj rivestyrke. De er meget diffusionsåbne. Med hensyn til brand er det afhængig af hvilken produkt man vælger.



*Vindspærre af kunststoffypen.  
Foto: Tyvek*

## Undertage

Visse typer af tagdækninger forudsætter at der etableres et undertag for at gøre taget helt tæt mod gennemtrængende regn og fygesne. Imidlertid er der dokumenteret mange problemer med undertage særligt af banevare.

Man skelner mellem undertage af banevare, herunder træfiberplader og faste undertage af brædder, krydsfiner og OSB-plader med en membran oven på.

### U-ventileret undertage

Det er meget vigtigt at der er tilstrækkelig ventilation i u-udnyttelige tagrum også ved diffusionsåbne undertage. Diffusionsåbne undertage kan ikke fjerne den fugt der bliver tilført tagrummet i tilstrækkelig grad.

U-ventileret undertage har ingen ventilationsspalte, men skal udføres med 20 mm afstand mellem undertag og isolering af hensyn til isoleringens overhøjde. Ved indblæsning af isolering skal det sikres at undertaget ikke buler udad. Sikres det, kan der blæses mod undertaget og der ses bort fra de 20 mm. Den fugt der kommer indefra og ud gennem dampspærren og utætheder i samme, skal diffundere gennem undertaget og ventileres væk. Undertaget er kun i stand til at fjerne små mængder vanddamp. Derfor er det meget afgørende, at dampspærren et udført tæt.

U-ventilerede undertage bør ikke anvendes ved pudsede lofter, da pudsede loftet ikke yder tilstrækkelig modstand over for vanddamp. *Se mere side 39*

### Ventileret undertage

Kan udføres af både diffusionsåbne undertage og af diffusionslukkede undertage. I u-udnyttelige tagrum fjernes fugt ved ventilation af udeluft gennem ventilationsspalter.

### Faste undertage

Faste undertage er en dyrere løsning en undertage af banevare. Til gengæld er det en mere holdbar løsning med længere levertid. Hvis det er en tagkonstruktion med mange tagsammenskæringer, og gennemføringer, kan et fast dog vise sig at være billigere end banevare. Tagbrædder er den bedste løsning med hensyn til fugt og evt. dampbuler i tagmembranen. Der er ofte set skimmelsvamp på undersiden af tagkrydsfiner. Særligt på den tagside der vender mod nord. Hvis man vælger krydsfiner som underlag for tagmembranen, kan det anbefales at vælge krydsfiner af gran frem for fyr som er mere fugtfølsomt.

Ved paralleltage skal luftspalten ved faste undertage være min. 45 mm.



*Fast undertag på tagbrædder.*

*Foto: Bygge & Anlægsavisen*



*Skimmelsvamp på tagkrydsfiner.*

*Foto: BOLIUS*

## Undertage af banevare

Bliver ofte anvendt, fordi det er en billigere løsning. Til gengæld er undertage af banevare knap så bygbar en løsning og derfor ofte behæftet med fejl. Særligt de diffusionsåbne undertage kan være problematiske. Levetiden for den type undertage er heller ikke så lang som ved faste undertage.

Ved paralleltage skal luftspalten ved diffusionstætte undertage være min. 70 mm. Dette gælder også for oliehærdede træfiberplader, der også regnes som banevare.



*Undertag træfiberplader.*

*Foto: Bygge & Anlægsavisen*



*Undertag af diffusionsåben banevare.*

*Foto: ICOPAL*



*Undertag af diffusionsåben banevare.*

*Foto: Tyvek*

## Isoleringsmaterialer til indblæsning

### EPS-isolering



Foto: Sundolitt

#### **Materiale**

EPS er en forkortelse for **Ekspanderet PolyStyren**. Polystyren er plastmateriale. Det er et olieprodukt, som består af 92% kulstof og 8% brint. EPS råvaren ekspanderes, i en særlig opskumningsproces ved hjælp af vanddamp og Pentan. Pentan er en letopløselig luftart i familie med naturgas. Pentan omdannes i det fri til CO<sub>2</sub> og vandamp.

Det store indhold af luft (98%) gør EPS til et velegnet isoleringsmateriale. EPS er modstandsdygtig overfor stærke og svage syrer og baser, vegetabiliske olier, latex, epoxy- maling og lak.

EPS fås også tilsat med grafit. Dette medfører en bedre isoleringsevne på ca. 20% i forhold til den traditionelle hvide EPS.

EPS kan tilsættes vandbaseret lim som fastholder EPS'en. Dette kan være en fordel hvis der senere udskiftes vinduer.

#### **Anvendelse**

Til indblæsning i hule mure, er EPS velegnet. EPS suger ikke vand som andre indblæsningsegnet materialer som træ- og papiruld. Særligt ved ældre huse hvor der er fare for grundfugt, eller opfugtning af isoleringsmaterialet gennem formurens utætte fuger/kapillarsugning gennem murstenene er EPS et fugtteknisk godt valg. Kan ikke anvendes som løsfyld på lofter af hensyn til brandfare og bygbarhed.

#### **Brandklasse**

EPS med grafit (grå): Brandklasse F

EPS uden grafit (hvid): Brandklasse F

#### **Varmeledningsevne $\lambda$**

EPS med grafit (grå): 0,033 W/m°C

EPS uden grafit (hvid): 0,042 W/m°C

#### **Miljøforhold**

Affald fra EPS kan enten genbruges eller afbrændes. EPS er ikke farligt affald og bortskaffes vis den kommunale affaldsordning.

EPS forbrændes fuldstændigt ved temperaturer over 800 °C og kun vand og CO<sub>2</sub> er restproduktet ved en ren forbrænding. EPS samme brændværdi som olie.

EPS giver ikke hudirritation og støver ikke. Der er ikke krav om at bære maske eller støvdragter, da materialet ikke indeholder farlige fibre. Materialet er meget let.

## Isover

### Materiale

Isover består af glasuldfibre tilsat binder i form af bakelit (hærdet ureamodificeret fenolformaldehyd harpiks). For at hindre støv og fugt-optagelse tilsættes mineralsk olie.

ISOVER Granulat fremstilles af fraskær af den glasuld som bliver til ved fremstilling af de øvrige glasuldsprodukter på fabrikken, og er derfor gul som ISOVERS øvrige produkter, og består af 95% glas og 5% bindemiddel



ISOVER InsulSafe fremstilles af 100% glas og er ikke tilsat bindemiddel og er derfor hvid.

Al ISOVER glasuld består af ca. 80% genbrugsglas. Dog ikke af farvet glas.

### Anvendelse

Til indblæsning i hule mure og etageadskillelser, eller som løsfyld på lofter.

Ved indblæsning i hule konstruktioner skal der opnås en densitet på  $40 \text{ kg/m}^3$

Ved løsfyld sætter Isover-granulat sig ca. 5 mm pr. 100 mm udlagt tykkelse. Skal udlægges med en densitet på  $25 \text{ kg/m}^3$

ISOVER Granulat udblæses som løsfyld på lofter med en densitet på  $25 \text{ kg/m}^3$  og i hulrum med en densitet på  $40 \text{ kg/m}^3$

ISOVER InsulSafe udblæses som løsfyld på lofter med en densitet på  $15 \text{ kg/m}^3$  – og i hulrum med en densitet på  $30 \text{ kg/m}^3$

### Brandklasse

Isover Granulat: Brandklasse A2-s1, d0 – ubrændbar

ISOVER InsuSafe: Brandklasse A1 - ubrændbar

### Varmeledningsevne $\lambda$

ISOVER Granulat: Indblæst i hulrum  $\lambda 0,038 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

Udblæst som løsfyld på loft  $\lambda 0,042 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ISOVER InsuSafe: Indblæst i hulrum  $\lambda 0,038 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

Udblæst som løsfyld på loft  $\lambda 0,042 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

## Miljøforhold

Produkter fra glasuld deponeres som mineralsk affald på almindelige lossepladser. Affaldskode; EAK 17 06 04.

Grænseværdi for glasuldsfibre, respirable: 1 fiber/cm<sup>3</sup>

Grænseværdi for mineralsk støv, inert respirabel: 5 mg/m<sup>3</sup>

Overskrides disse grænser, anvendes støvmaske P2. Ved arbejde over hovedhøjde, eller hvis støvkoncentrationen er høj som ved udlægning af løsfuld på lofter, beskyttes øjnene i form af briller type EN 166 eller helmaske.

Der anvendes ligeledes støvafvisende dragter/arbejdstøj og hansker.

Skyl huden med koldt vand før vask.

Udluft arbejdsområdet hvis det er muligt. Rengør med støvsuger med HEPA-filter 13.

## KNAUF

### Materiale

Mineraluld, syntetisk (maskinfremstillet) glasholdig fiber. Tilsat alkali og alkalisk mindre end 18% i vægt, der opfylder kravene belægningsmaterialer. Derudover kan nogle produkter være belagt med en polyethylenfilm. KNAUF har følgende produkter til indblæsning af isolering.



Foto: JH- Tømrer og Snedker A/S

- SUPAFIL 34 til hulmursisolering med en minimum hulrumsbredde på 50 mm, og op i 25 meters højde
- SUPAFIL 40 til hulmursisolering med en minimum hulrumsbredde på 50 mm, og op i 25 meters højde
- SUPAFIL FRAME til isolering af vægge, hanebåndsspær, etageadskillelser og gitterspær

### Anvendelse

Til indblæsning i hule mure og etageadskillelser, eller som løsfyld på lofter.

SUPAFIL 34: Indblæses i hulrum med en densitet på 25 kg/m<sup>3</sup>

SUPAFIL 40: Indblæse i hulrum med densitet på 15 kg/

SUPAFIL FRAME:



- Løs indblæst under tag, 0-15° med densitet på 12 kg/m<sup>3</sup>
- Løs indblæst under tag, 0-30° med densitet på 15 kg/m<sup>3</sup>
- Indblæst i lukket konstruktioner 0-90° densitet på 30 kg/m<sup>3</sup>

### Brandklasse

Alle 3 KNAUF produkter er brandklasse: A1 ubrændbar

### Varmeledningsevne $\lambda$

SUPAFIL 34: Indblæst i hulrum med en densitet på 25 kg/m<sup>3</sup>  $\lambda$  0,040 W/m°C

Udblæst som løsfyld på loft 0,042 W/m°C

SUPAFIL 40: Indblæst i hulrum med densitet på 15 kg/m<sup>3</sup>  $\lambda$  0,040 W/m°C

Udblæst som løsfyld på loft  $\lambda$  0,042 W/m°C

SUPAFIL FRAME:

- Løs indblæst under tag, 0-15° med densitet på 12 kg/m<sup>3</sup>  $\lambda$  0,042 W/m°C
- Løs indblæst under tag, 0-30° med densitet på 15 kg/m<sup>3</sup>  $\lambda$  0,040 W/m°C
- Indblæst i lukket konstruktioner 0-90° densitet på 30 kg/m<sup>3</sup>  $\lambda$  0,033 W/m°C

### Miljøforhold

Produkter fra glasuld deponeres som mineralsk affald på almindelige lossepladser. Affaldskode; EAK 17 06 04, ufarligt stof.

Grænseværdi for glasuldsfibre, respirable: 1 fiber/cm<sup>3</sup>

Grænseværdi for mineralsk støv, inert respirabel: 5 mg/m<sup>3</sup>

Overskrides disse grænser, anvendes støvmaske P2. Ved arbejde over hovedhøjde, eller hvis støvkoncentrationen er høj som ved udlægning af løsfuld på lofter, beskyttes øjnene i form af briller type EN 166 eller helmaske.

Der anvendes ligeledes støvafvisende dragter/arbejdstøj og hansker.

Skyl huden med koldt vand før vask.

## Papiruld

Papiruldisolering har været anvendt i USA siden 1892.

Papirisolering fremstilles af granuleret avisepapir og tilsættes brand- og skimmelhæmmende stoffer i form af for eksempel af borsyre, borax decahydrat, magnesiumkomponenter og aluminiumhydroxid. Mængden og sammensætning af disse stoffer er forskellig fra papiruldsproducent til papiruldsproducent.



Foto: CBI Danmark

Da papiruld er et produkt der stammer fra træ er det et celluloseholdigt produkt som, modsat andre isoleringsprodukter, kan suge fugt til sig og afgive det igen. Derfor er våd papiruld let at få tørt igen. Papiruld tørrer på samme måde som træ ved hjælp af kapillarsugning/hårrørssugning. Et stykke tømmer som tørre trækker fugtet fra træets midte ud til overflader hvor fugten ventileres væk. På samme måde kan celluloseholdig isolering trække fugten ud til overfladen hvorfra den ventileres væk. Dette forhold er en fordel i nogle tilfælde. Eksempelvis hvis papiruld er udlagt på et loft med en lidt utæt dampspærre under, hvor risikoen for at varm fugtig luft stiger op i loftet. Her vil papiruld bedre kunne transportere denne fugt væk end andre ikke celluloseholdige isoleringsmaterialer. I andre tilfælde er dette forhold en ulempe. Hvis man for eksempel anvender papiruld i en hulmur af teglsten med utætte fuger og vandsugende teglsten, kan der være risiko for, at papirulden transportere fugten videre fra formuren ind til bagmuren hvor der herefter kan opstå skimmelskader til skade for indeklimaet i bygningen.

I dette kompendium er 2 producenter af papiruld valgt ud og behandles hver for sig i nedenstående.

## Isocell - CBI Danmark

### Materiale

Granuleret avisepapir tilsat under 3% borsyre og under 9% magnesiumkomponenter. Mængden af disse stoffer gør, at produktet ikke skal klassificeres som farligt efter Miljøministeriets regler.

### Anvendelse

Til indblæsning i hule mure og etageadskillelser, eller som løsfyld på lofter.

Indblæses i hulmure med en densitet på: 70 mm – 190 mm fra 40 kg/m<sup>3</sup> op til 52 kg/m<sup>3</sup>

Indblæst løst på lofter:

- 100 – 200 mm; 5% overmål til sætning – densitet 27,37 kg/m<sup>3</sup>
- 250 – 350 mm; 8% overmål til sætning – densitet 28,26 kg/m<sup>3</sup>
- 400 – 500 mm; 10% overmål til sætning – densitet 28,89 kg/m<sup>3</sup>
- 550 – 650 mm; 12% overmål til sætning – densitet 29,55 kg/m<sup>3</sup>





Etageadskillelser:

- 50 – 150 mm – densitet 40 kg/m<sup>3</sup>
- 200 mm – densitet 42 kg/m<sup>3</sup>
- 250 mm - densitet 44 kg/m<sup>3</sup>
- 300 mm - densitet 46 kg/m<sup>3</sup>
- 350 mm - densitet 48 kg/m<sup>3</sup>
- 400 mm - densitet 50 kg/m<sup>3</sup>

Skillevægge: 50 mm – 150 mm fra 40 til 49 kg/m<sup>3</sup> – eller som ved ydervægge.

Lette ydervægge:

- 100 mm – densitet 44 kg/m<sup>3</sup>
- 200 mm – densitet 42 kg/m<sup>3</sup>
- 150 mm - densitet 49 kg/m<sup>3</sup>
- 200 mm - densitet 52 kg/m<sup>3</sup>
- 250 mm - densitet 54 kg/m<sup>3</sup>
- 300 mm - densitet 58 kg/m<sup>3</sup>
- 350 mm - densitet 60 kg/m<sup>3</sup>
- 400 mm - densitet 60 kg/m<sup>3</sup>

### **Brandklasse**

Isocell har brandklasse: B-s2-d0

### **Varmeledningsevne $\lambda$**

Isocell har en varmeledningsevne på: 0,039 W/m°C

### **Miljøforhold**

Produkter fra CBI Danmark, Isocell kan genanvendes. Kan bortskaffes på godkendt modtagerplads.

Isocell indeholder borsyre, som er mistænkt for at skade forplantningsevnen eller det ufødte barn. Produktet indeholder mindre end 3% borsyrer, og er derfor ikke klassificeret som farligt efter miljøministeriets regler.

Det anbefales at anvendes støvmaske P2, gerne turbomaske. Ved arbejde over hovedhøjde, eller hvis støvkonzentrationen er høj som ved udlægning af løsfuld på lofter, beskyttes øjnene i form af briller eller helmaske.

Der kan ligeledes anvendes støvafvisende dragter/arbejdstøj og hansker.

Ved hudkontakt børstes eller tørres papirulden bort, skylles med vand.



Papiruld Danmark

### **Materiale**

Granuleret avisPapir tilsat under 4% borsyre, 1% borax decahydrat og 8,5% aluminiumhydroxid. Mængden af disse stoffer gør, at produktet ikke skal klassificeres som farligt.

### **Anvendelse**

Papiruld Danmark har 3 papiruldsprodukter.

Papiruld Standard - som kan anvendes til lofter, hulmure, etageadskillelser, tage og krybekælder.

Papiruld hulmur – som er særligt udviklet til inder- og ydervægge af mursten eller beton. Dette produkt adskiller sig ved af længden af cellulosefibre er justeret så materialet bliver lettere. Det gør at det kan komprimeres bedre og dermed pakker sig tættere i revne og sprækker.

Papiruld Lyd - Papiruld Lyd er særligt udviklet til lydisolering af etageejendomme, hvor trinlyd fra for eksempel en overbo eller støj fra naboen i lejligheden ved siden af kan være særligt generende. Papiruld Lyd består af en ny type fibre, som er blandet med de velkendte fibre - i et særligt forhold - hvilket medvirker til de lyddæmpende egenskaber.

### **Brandklasse**

Papiruld har brandklasse: D-s2-d0

### **Varmeledningsevne $\lambda$**

Papirulds har en varmeledningsevne på: 0,039 W/m°C

Papiruld med en densitet over 40 kg/m<sup>3</sup> har brandklasse: D-s2,d0

### **Miljøforhold**

Produkter fra papiruld kan genanvendes. Kan bortskaffes på godkendte modtagerplads.

Papiruld indeholder borsyre, som kan skade forplantningsevnen eller det ufødte barn. Produktet indeholder mindre end 4% borsyrer, mindre end 8,5% aluminiumhydroxid og mindre end 1% borax decahydrat er der ingen fareklassecertificering eller mærkning på produktet.

Det anbefales at anvendes støvmaske P2, gerne turbomaske. Ved arbejde over hovedhøjde, eller hvis støvkonzentrationen er høj som ved udlægning af løsfuld på lofter, beskyttes øjnene i form af briller eller helmaske.

Der anvendes ligeledes støvafvisende dragter/arbejdstøj og hansker.

Ved kontakt med papirulden skylles huden.

## Perlit

### Materiale

Ekspanderet Perlit har været anvendt i blandt andet USA i mere end 60 år. Perlit er betegnelsen for en bjergart af vulkansk oprindelse. Det hovedsagelig af siliciumoxid. Perlit udvindes fra jordoverfladen eller miner i for eksempel Grækenland, Tyrkiet, Kina og USA. Efter knusning opvarmes materialet i ovne til 1100-1200 °C. Under opvarmningen omdannes vandet til damp under tryk, der får perliten til at ekspandere ca. 20 gange.



Foto: GENPER

Perlit er et tungt materiale på typisk 80-85 kg/m<sup>3</sup>. Isoleringsmaterialet er coated mod fugt med 0,2% silikoneharpiks.

Perlit er et uorganisk materiale som ikke angribes af mikroorganismer.

### Anvendelse

Kan anvendes til svømmende gulve over rør og med over 40 mm overhøjde kan det komprimeres. Det endelige gulv kan herefter lægges over perliten.

I etageadskillelser hvor de brandtekniske egenskaber sikre godt mod brandspredning.

Som hulmursisolering anvendes en vandafvisende type som hindre slagregn og kondensvand i at brede sig gennem muren.

På lofter kan Perlit hældes ud eller indblæses.

### Brandklasse

Perlit har brandklasse: U-brandbart

### Varmeledningsevne $\lambda$

Perlit har en varmeledningsevne på: 0,039 W/m°C – i lukkede konstruktioner 0,045 W/m°C

### Miljøforhold

Perlit kan bortskaffes på godkendte modtagerplads.

Perlit er et ikke giftigt produkt som ikke opløses i vand og derfor ikke har større effekt på miljøet.

I Danmark gælder følgende grænseværdier:

Maksimum grænseværdi for alle partikler 10 mg/m<sup>3</sup> luft. Maksimum grænseværdi for indånding af støv 10 mg/m<sup>3</sup> luft.

Ved støvende arbejde som for eksempel ved indblæsning på lofter, anvendes P2 filtermaske. Udgå at få støvet i øjne, brug evt. beskyttelsesbriller. Ved hudkontakt – vask huden efter arbejdes afslutning.

## Rockwool

### Materiale

Rockwool er fremstillet ved spinning (centrifugering) af smeltet vulkans bjergart. På grund af den hurtige afkøling ved spinneprocessen opstår der fibre. De færdige produkter af sammenfildrede fibre bindes sammen med phenol-formaldehyd (bakelit). Desuden er fibre overtrukket med lidt mineralolie, så de er vandafvisende.

### Anvendelse

ROCKWOOL har 3 typer af granulat til indblæsning.

ROCKWOOL Granulat Pro isolering anvendes i større tagrum og i loftkonstruktioner med hældning 0°- 90°.

Åbne konstruktioner: lofter: 28 kg/m<sup>3</sup> – sætning 5%

Lukket konstruktioner (ikke hulmur)

Hældning 0° – 25°	35 kg/m <sup>3</sup> - sætning 0%
Hældning 25° – 45°	43 kg/m <sup>3</sup> – sætning 0%
Hældning 45° – 90°	50 kg/m <sup>3</sup> – sætning 0%

ROCKWOOL HULRUMSFYLD anvendes til indblæsning i hulmure og etageadskillelser samt visse built-up tage.

ROCKWOOL ROCKFILL anvendes i større tagrum og i loftkonstruktioner, hvor der er snævre pladsforhold.

Åbne konstruktioner: lofter: 28 kg/m<sup>3</sup> – sætning 5%

Lukket konstruktioner (ikke hulmur)

Hældning 0° – 25°	35 kg/m <sup>3</sup> - sætning 0%
Hældning 25° – 45°	43 kg/m <sup>3</sup> – sætning 0%
Hældning 45° – 90°	50 kg/m <sup>3</sup> – sætning 0%

### Brandklasse

Rockwool har brandklasse A1 – U-brændbart.

### Varmeledningsevne $\lambda$

ROCKWOOL Granulat Pro:

- 28 kg/m<sup>2</sup> løst udblæst  $\lambda$  0,042 W/m<sup>2</sup>



Foto: Rockwool



- 35 kg/m<sup>2</sup> λ 0,038 W/m<sup>2</sup>
- 43 kg/m<sup>2</sup> λ 0,037 W/m<sup>2</sup>
- 50 kg/m<sup>2</sup> λ 0,037 W/m<sup>2</sup>

ROCKWOOL HULRUMSFYLD - λ 0,037 W/m<sup>2</sup>

ROCKWOOL ROCKFILL:

- 28 kg/m<sup>2</sup> løst udblæst λ 0,042 W/m<sup>2</sup>
- 35 kg/m<sup>2</sup> λ 0,038 W/m<sup>2</sup>
- 43 kg/m<sup>2</sup> λ 0,037 W/m<sup>2</sup>
- 50 kg/m<sup>2</sup> λ 0,037 W/m<sup>2</sup>

### Miljøforhold

Rockwool kan fremkalde hudirritationer og luftvejsproblemer. Stenuld er mistænkt for at være kræftfremkaldende. Der er i dag udviklet fibre med en stor bioopløselighed, hvilket bevirker, at ophobningen i lungerne formindskes. Forsøg med rotter har vist en betydelig nedsættelse af risikoen for kræft.

Ved besvær med støv i luften: Gå væk fra arbejdsområdet. Puds næse og skyl halsen for at fjerne støv.

Ved hudirritation: Undgå at kradse i huden. Fjern arbejdstøj og skyl huden grundigt med koldt vand og sæbe.

Ved øjenirritation: Undgå at gnide sig i øjnene. Skyl øjnene med vand mindst 15 minutter. Indtagelse: Drik rigeligt vand, hvis man ved et uheld har indtaget noget af produktet.

Anvend støvmaske P2, gerne med turbomaske. Ved arbejde over hovedhøjde, eller hvis støvkoncentrationen er høj som ved udlægning af løsfuld på lofter, beskyttes øjnene i form af briller type EN 166 eller helmaske.

Der anvendes ligeledes støvafvisende dragter/arbejdstøj og hansker.

Skyl huden med koldt vand før vask.

Udluft arbejdsområdet hvis det er muligt. Rengør med støvsuger med HEPA-filter 13.

## Dansk Træfiberisolering

### Materiale

Råmaterialet til træfiberisolering er rent afbarket træ – heraf mindst 80 % gran. Fremstilling af træmassen foregår i en proces, hvor fibre i træmaterialet adskilles gennem opvarmning og brug af proceskemikalier. Proceskemikalierne genanvendes i et lukket kredsløb. Efterfølgende oprives massen mekanisk og presses i blokke. Der fjernes ingen bestanddele fra træmaterialet. Træmasse af denne type anvendes også til f.eks. bind, bleer, karton m.v.



Foto: Andreas Svane  
Snedker og Bådebygger

Råmaterialerne til ammoniumpolyfosfat er fosforsyre og ammoniak. Fremstillingen foregår ved polymerisering (molekyle-sammensætning) af fosforsyren og efterfølgende neutralisering med ammoniak til neutral pH-værdi. Den brandhæmmende egenskab udnyttes udover i isoleringsmateriale f.eks. i tekstiler samt til at forebygge og bekæmpe skov- og markbrand.

Da træuld er et produkt der stammer fra træ er det et celluloseholdigt produkt ligesom papiruld, og har, modsat andre isoleringsprodukter, den egenskab at de kan suge fugt til sig og afgive det igen. Derfor er våd træuld let at få tørt igen. Træuld tørrer på samme måde som træ ved hjælp af kapillarsugning/hårrørssugning. Et stykke tømmer som tørre trækker fugtet fra træets midte ud til overflader hvor fugten ventileres væk. På samme måde kan celluloseholdig isolering trække fugten ud til overfladen hvorfra den ventileres væk. Dette forhold er en fordel i nogle tilfælde. Eksempelvis hvis træuld er udlagt på et loft med en lidt utæt dampspærre under, hvor risikoen for at varm fugtig luft stiger op i loftrummet. Her vil træuld bedre kunne transportere denne fugt væk end andre ikke celluloseholdige isoleringsmaterialer. I andre tilfælde er dette forhold en ulempe. Hvis man for eksempel anvender træuld i en hulmur af teglsten med utætte fuger og vandsugende teglsten, kan der være risiko for, at træulden transportere fugten videre fra formuren ind til bagmuren hvor der herefter kan opstå skimmelskader til skade for indeklimaet i bygningen.

### Anvendelse

Til indblæsning i hule mure og etageadskillelser, eller som løsfyld på lofter.

Det anbefales ikke i kontakt med jord, i bunden af hulmure i gamle huse eller i konstruktioner hvor der stilles brandkrav til isoleringslaget.

### Brandklasse

Træfiberisolering har brandklasse: D-s2-d0 - klasse B materiale

### Varmeledningsevne $\lambda$

Træuld har en varmeledningsevne på: 0,039 W/m°C



### **Miljøforhold**

Et miljøvenligt produkt som indeholder rent træ kun tilsat lidt Ammoniumpolyfosfat som anses miljømæssigt for at være uproblematisk.

Produkter fra træuld kan genanvendes. Kan bortskaffes på godkendte modtagerplads.

Det anbefales at anvendes støvmaske P2, gerne turbomaske. Ved arbejde over hovedhøjde, eller hvis støvkonzentrationen er høj som ved udlægning af løsfyld på lofter.

Der anvendes ligeledes støvafvisende dragter/arbejdstøj og hansker.

## Indblæsningsmaskiner

I dette kapitel gennemgås indblæsningsmaskiners. I billedmaterialet er der billeder fra 2 forskellige maskiner. Det vil føre al for vidt at gennemgå alle de forskellige maskinfabrikater og deres specifikationer. Derfor er der alene beskrevet funktion og vedligehold i generelle termer.



Det valgte isoleringsmateriale lægges op i toppen af maskinen i den såkaldte *hopper*.



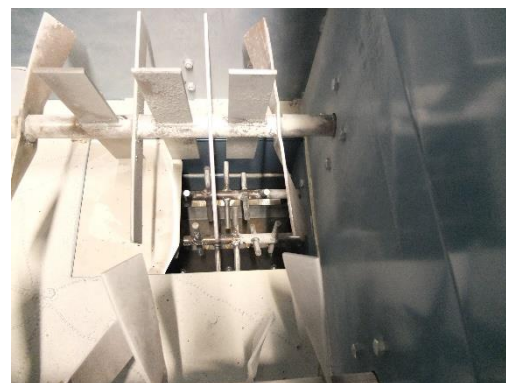
Nede i hopperen river *agitatoren* det sammenpressede isoleringsmateriale fra hinanden. Hopperen skal renses jævnligt med støvsuger for eventuelle rester af affaldsstoffer som er kommet med fra isoleringsmaterialet. Typen af affald (klips, sten, borsalt m.m.) afhænger af hvilken type isolering maskinen har bearbejdet.



Foto: Jan H. C.



Under *agitatoren* sidder *slidegaten*. I *slidegaten* sørger *Shredderen* for at reducere isoleringsmaterialet yderligere. *Shredderen* findes typisk ikke på mindre maskiner.



Her ses *Shredderen* i nærbillede. Dog fra en anden maskine end det forrige billede.



Under *Shredderen* sidder *airlock'en*. Den drejer rundt og leder isoleringsmaterialet til udblæsningen som via en slange leder isoleringsmaterialet frem. *airlock'en* er udstyret med gummiflapper som udskiftes når de bliver slidte og dermed utætte. Dette er vigtigt for at kunne opretholde tilstrækkelig kompression.

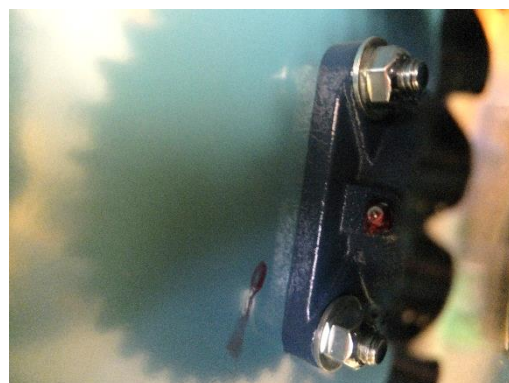


Kæderne, som drives af motoren, trækker øverst *Shredder* og *agitator*. Og nederst *airlock'en*. Kæderne smøres med teflonholdigt smøremiddel så støv ikke sætter sig på kæderne. Diverse smøreppler smøres med fedt.



Alle fotos: Jan H. C.

Husk også de smørenipler der sidder bag tandhjulene.



På dette billede ses motoren. Der sidder en rød termosikring som aktiveres hvis motoren bliver for varm.



Billedet viser til venstre bagsiden af blæsesystemet som er tilkoblet *airlock'en* med et rørsystem. I forgrunden motoren.



*Alle fotos: Jan H. C.*

På bagsiden af *Shredderen* (øverst) og *airlock'en* (nederst) sidder der også smørenipler der skal vedligeholdes med fedt.



På dette billede ses blæseenheden udefra.



Lige bag afskærmningen til blæseren, sidder et filter. Det er vigtigt at holde filteret rent så blæserne, der ses bagest i billedet, kan trække nok luft ind.



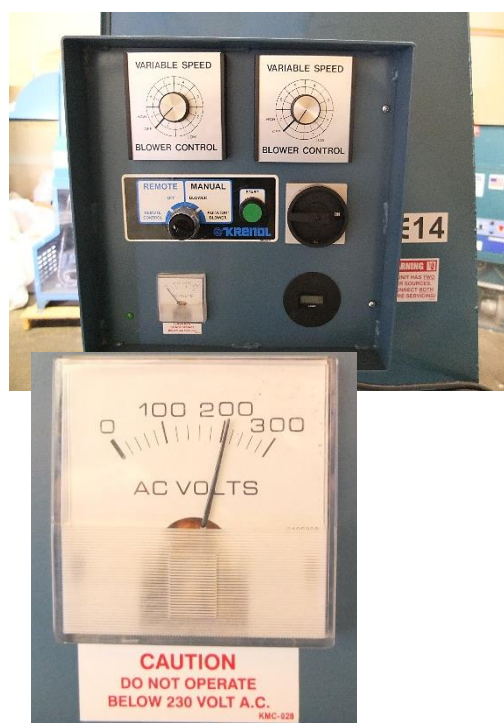
*Alle fotos: Jan H. C.*

Billedet viser de to blæsere, som denne maskine er udstyret med. Mindre maskiner kan have 1 blæser, større 4 blæsere. Nogle af de større maskiner har i stedet en turbine, eventuelt kombineret med ekstra blæsere.



Kontrolpanelet består af fra oven:

- 2 knapper til regulering af luft
- Manuel regulering af isoleringsmateriale og luft
- Startknap, grøn
- Knap der tilslutter strømmen
- Nederst et manometer som viser om der er tilstrækkelig strøm til maskinen. Skal ved tilslutning stå på over 200 volt



*Alle fotos: Jan H. C.*

Fjernbetjeningen tilsluttet maskinen. Fjernbetjeningen bruges til at styre når isolatøren ønsker isoleringsmateriale, eller når man ønsker af blæse slangen ren efter endt brug. Fjernbetjening kun også anskaffes som trådløs.



Denne maskine kan enten tilsluttes 2 x 230 volt fra hver sin gruppe med min. 13 amp. Sikringer. Eller 380 volt. Da denne maskine er amerikansk hvor de har 110 volt, er det nødvendigt at udskifte stikket med jord. Eller man kan sætte en adapter imellem han- og hunstik.



*Alle fotos: Jan H. C.*

## Energioptimering af eksisterende bygninger

Der renoveres for ca. 100 mia. kr. årligt, og det er vigtigt, at få energiforbedringer med i renoveringen. Den renovering, som der gennemføres nu, skal måske holde i 40 år! Derfor er entreprenørens opgave – som kundens foretrukne sparringspartner – at tilbyde kunden en energirigtig løsning, som giver dem energibesparelser år efter år. Og de udførende håndværkere skal have en god forståelse for de byggetekniske krav til sikre løsninger. De

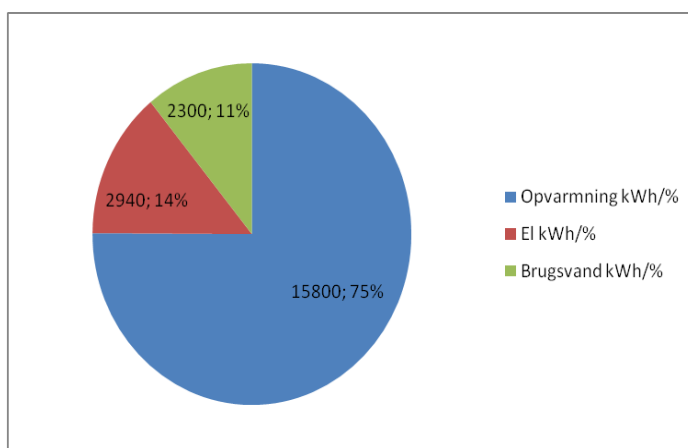


Foto: Jan H. C.

bygninger der renoveres i dag, skal konkurrere med bygninger, der bygges ikke bare iht. det nuværende bygningsreglement men iht. de kommende bygningsreglementer.

Energiforbruget til enfamiliehuse udgør ca. halvdelen af det samlede energiforbrug til bygninger, 16 % går til etageboliger og 17 % til handel og service, mens det offentlige og industri står for ca. 9 % hver. Der ligger altså et stort besparelspotentiale og venter i enfamiliehusene, og samtidig er det relativt "nemt" (billigt) at gennemføre besparelserne hér.

I hver enkel husholdning bruges 75 % af energien på varme og andre 11 % på varmt brugsvand, mens elektricitet står for 11 %. Hvis boligejerne virkelig vil gøre noget ved deres energiforbrug, så er der altså ingen vej udenom at forbedre boligens klimaskærm og/eller varmeanlæg.



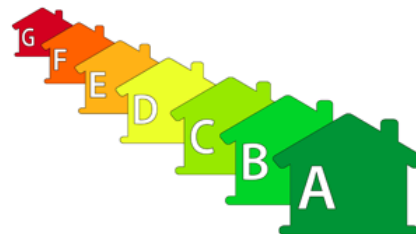
Undersøgelser viser (SBI 2009) viser, at der kan spares 23 % af energiforbruget til opvarmning og varmt vand ved at gennemføre moderat renovering af klimaskærmen. Hvis man vælger at gennemføre disse energibesparende foranstaltninger sammen med alligevel planlagte forbedringer, så bliver energirenoveringen tjent hjem på 4 år. Så det er vigtigt at gøre det energirigtigt, når der alligevel skal renoveres.

På bygningsinstallationer kan der ifølge energimærkerne spares 13 % på energiforbruget til opvarmning og varmt vand., Og hér er tilbagebetalingstiden så kort som 6 år – og det selvom renoveringen ikke sker sammen med nødvendig udskiftning og vedligehold.

## Energimærker for bygninger

Hvis der findes et energimærke for bygningen, så vil det aktuelle energiforbrug fremgå af mærket.

Ifølge lovgivningen bør stort set alle større ejendomme, hvor der foregår udlejning, salg eller overdragelse af andele være energimærket. I mange tilfælde har en ejerforening eller andelsboligforening ikke meget kendskab til det energimærke, der er udarbejdet for ejendommen, fordi det er rekvireret af en fraflyttet beboer, og du kan derfor med din indsats på kort tid blive den, der ved mest om, hvad der står i energimærket. Benyt dig af det i din kommunikation med kunden.



Enfamiliehuse skal have et gyldigt energimærke ved salg.

Marts 2011 kom der en opdatering af energimærkeordningen (EMO).

Opdateringen skal ses i lyset af mange klager af den tidligere ordning, hvor bygningens energiforbrug er teoretisk beregnet blandt andet på grundlag af hvornår bygningen er opført.

Den teoretiske beregning betyder, at der sjældent er sammenhæng mellem bygningens aktuelle energiforbrug og de besparelser som er anvist i Energimærke rapporten. Hver opmærksom på det, hvis I får præsenterede ældre energimærker på bygningerne.

Energi & Miljø har set eksempler på at der i energimærket var anvist el-besparelser på 180.000 KWh, men at bygningens aktuelle elforbrug kun var på 125.000 KWh.

Det nye energimærke er baseret på det faktiske energiforbrug.

Fordelen ved et energimærke som er lavet på det faktiske forbrug, er at de anviste energibesparelser bliver mere realistiske og umiddelbart kan bruges i praksis

For at kunne få det nye energimærke, skal der være et dokumenteret energiforbrug i form af en driftsjournal, som minimum skal indeholde energiaflæsninger for hver måned i et år.

Energi & Miljø anbefaler at alle boligforeninger sikrer sig at der foretages energiaflæsninger mindst en gang om måneden, således at boligforeningen opfylder minimumskravet til at få det nye energimærke.

Energimærkning af bygninger har to formål:

1. Mærkningen skal synliggøre bygningens energiforbrug og skal dermed virke som en form for varedeklaration, når en bygning sælges eller udlejes.



2. Mærkningen skal give et overblik over de energimæssige forbedringer, som er rentable at gennemføre – hvad de går ud på, hvad de koster at gennemføre, og hvor stor besparelse der kan opnås på el- og varmeregninger.

Mærkning udføres af en energikonsulent, som måler bygningen op og undersøger kvaliteten af isolering, vinduer og døre, varmeinstallation m.v. På det grundlag beregnes bygningens energiforbrug under standardbetingelser for vejr, familiestørrelse, driftstider, forbrugsvaner m.v.

Det beregnede forbrug er en ret præcis indikator for bygningens energimæssige kvalitet – i modsætning til det faktiske forbrug, som naturligvis er stærkt afhængigt både af vejret og af de vaner, som bygningens brugere har. Nogle sparer på varmen, mens andre fyrer for åbne vinduer eller har huset fuldt af teenagere, som bruger store mængder varmt vand.

Mærket fortæller altså om bygningens kvalitet – ikke om måden den bruges på eller om vinteren var kold eller mild.

Mærkeskalaen går fra A til G, hvor A er delt op i A2020, A2015 og A2010. Skalaen svarer til den, som kendes fra en række energiforbrugende produkter, blandt andet hårde hvidevarer.

Boliger, offentlige bygninger og bygninger til handel og service er omfattet af reglerne om energimærkning.

Energimærkerne har stadig større betydning ved prisfastsættelse på bygninger ved salg. Se opgørelse fra EDC-mæglerne.

	Gns. salgstid	Kr/kvm	Afslag
A-mærke	156	21.717	-2,4%
B-mærke	175	17.696	-4,7%
C-mærke	168	15.466	-5,7%
D-mærke	153	13.966	-6,0%
E-mærke	181	13.675	7,8%
F-mærke	188	11.921	-14,8%
G-mærke	216	10.605	-14,6%

*4.000 boliger (villaer og ejerlejligheder), som er solgt inden for de seneste 6 måneder (februar 2016) hos EDC, og hvor der har været udarbejdet en energimærkning.*

## Energiløsninger

**Videncentret for energibesparelser i bygninger**, udarbejder energiløsninger løbende og i forhold til de anvisninger som SBI, Teknologisk Institut og Energistyrelsen. Vælger man de løsninger der passer til et givent projekt, og følger løsninger nøje, så kan man være sikker på holdbare løsninger der opfylder myndighedernes krav.

Videncentret skriver om sig selv:

*Videncentret medvirker til, at byggeriets parter opnår flere kvalifikationer og nye værktøjer til at gennemføre energibesparende tiltag i bygninger. Hermed understøtter Videncentret den samlede energispareindsats i Danmark.*





Videncenter for energibesparelser i bygninger er etableret som led i den energipolitiske aftale fra februar 2008 og videreført som en del af energiaftalen fra marts 2012 og igen i december 2015. Videncentret er et center under Energistyrelsen.

Vores logo - huset i mange farver - er inspireret af termograferingsbilleder, der er et godt værktøj til at kortlægge energitabet i bygninger.

Vores målsætninger er at:

- Medvirke til at byggeriets parter har de nødvendige kvalifikationer gennem uddannelse og systematisk formidling af operationel viden
- Bringe de eksisterende lovpligtige ordninger bedre i spil – herunder energimærkningsordningen
- Udvikle værktøjer, der gør det enkelt for byggeriets aktører at markedsføre, vejlede og rådgive om samt udføre energibesparende tiltag
- Udvikle energiløsninger, der gør det attraktivt (=nemt, sikkert og billigt) for bygningsejere at gennemføre energibesparende tiltag
- Formidle de rette værktøjer og løsninger til de aktører, der skal bringe dem i spil
- Skabe en fælles indgang for byggeriets aktører til værktøjer og løsninger til energibesparelser

Videncentret har en hjemmeside er gratis at bruge. Følgende kan findes på hjemmesiden:

- Energiløsninger for klimaskærmen
- Energiløsninger for tekniske installationer
- Diverse værktøjer:
  - BR15, og forståelse heraf
  - Besparelsesberegner
  - Fugtregner
  - Dampspærreguide
  - Trin for trin håndbog om efterisolering af tagetage m.m.
- Inspirationsmateriale
- Lovgivning
- Aktuelle nyhedsbreve
- Brochurer og links
- Film

Se [www.byggeriogenergi.dk](http://www.byggeriogenergi.dk) for at finde besparelspotentialer på diverse bygninger og bygningsdele.